



TUGAS AKHIR – RC141501

**EVALUASI FASILITAS SISI UDARA BANDAR
UDARA SYAMSUDIN NOOR BANJARMASIN
DALAM MEMFASILITASI PERTUMBUHAN
PERGERAKAN PESAWAT**

MUHAMMAD HABID OCHERUDY
NRP 3114 105 056

Dosen Pembimbing I
Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.

Dosen Pembimbing II
Istiar, ST. MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR – RC141501

**EVALUASI FASILITAS SISI UDARA BANDAR
UDARA SYAMSUDIN NOOR BANJARMASIN
DALAM MEMFASILITASI PERTUMBUHAN
PERGERAKAN PESAWAT**

MUHAMMAD HABID OCHERUDY
NRP 3114 105 056

Dosen Pembimbing I
Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.

Dosen Pembimbing II
Istiar, ST. MT.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016



FINAL PROJECT – RC141501

**EVALUATION ON AIRSIDE FACILITIES IN
FACILITATING THE GROWTH OF AIRCRAFT
MOVEMENTS AT SYAMSUDIN NOOR AIRPORT
BANJARMASIN**

MUHAMMAD HABID OCHERUDY
NRP 3114 105 056

Counselor Lecturer I
Ir.Ervina Ahyudanari, ME., PhD.

Counselor Lecturer II
Istiar, ST.MT.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Civil Engineering And Planning Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

**EVALUASI FASILITAS SISI UDARA BANDAR
UDARA SYAMSUDIN NOOR BANJARMASIN
DALAM MEMFASILITASI PERTUMBUHAN
PERGERAKAN PESAWAT**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD HABID OCHERUDY

NRP. 3114 105 056

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Pembimbing I

1. Ir. Ervina Ahyudanari, ME, PHD

Pembimbing II

2. Istiar, ST, MT



**SURABAYA
JUNI, 2016**

REKAM LAMBATAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN
KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN
KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN
KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN

Halaman ini sengaja dikosongkan.

KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN

KEMERIAHAN KEMERIAHAN

EVALUASI FASILITAS SISI UDARA BANDAR UDARA SYAMSUDIN NOOR BANJARMASIN DALAM MEMFASILITASI PERTUMBUHAN PERGERAKAN PESAWAT

Nama Mahasiswa : Muhammad Habid Ocherudy
NRP : 3114.105.056
Jurusan : Lintas Jalur S-1 Teknik Sipil
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
NIP : 196902241995122001
Dosen Pembimbing 2 : Istiar, ST. MT
NIP : 197711052012121001

ABSTRAK

Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin mengalami peningkatan kebutuhan akan angkutan udara setiap tahunnya, dimana peningkatan tersebut mengakibatkan penurunan kemampuan fasilitas sisi udara dalam memfasilitasi pertumbuhan pergerakan pesawat. Sehingga perludilakukansalah satu pengkajian pengembangan fasilitas sisi udara Bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin, dimana yang direncanakan pengembangan ialah fasilitas landas pacu, landas hubung, landas hubung keluar dan landas parkir sesuai Rencana Induk Nasional Bandar Udara Syamsudin Noor pada tahun 2011.

Dalam rencana pengembangan fasilitas sisi udara digunakan masa peramalan 5 tahun ke depan tahun 2020 sebagai dasar pengembangan fasilitas tersebut. Sehingga dapat merencanakan pengembangan fasilitas sisi udara menggunakan metode FAA (Federal Aviation Administration) baik perhitungan geometrik maupun tebal perkerasan dengan program bantu software FAARFIELD. Perkerasan yang akan direncanakan menggunakan perkerasan lentur adalah landas pacu dan landas hubung.

Sedangkan jenis perkerasan menggunakan perkerasan kaku adalah landas parkir dan landas pacu apabila jenis perkerasan lentur tidak memenuhi kriteria.

Dari hasil perhitungan didapatkan, geometrik landas pacu sebesar 3.000 m x 45 m dengan tebal perkerasan lentur pada area penambahan panjang 500 m sebesar 740 mm dengan metode FAA, penambahan letak landas hubung keluar pada STA 2+100 dan 3+000, lebar landas hubung sebesar 25 m dengan tebal perkerasan lentur sebesar 730 mm, dan landas parkir dikembangkan menjadi 336 m x 154,8 m dengan tebal perkerasan kaku sebesar 560 mm.

Kata Kunci :Fasilitas,Sisi Udara, Landas Pacu, Landas Hubung, Landas Hubung Keluar, Landas Parkir, Perkerasan.

EVALUATION ON AIRSIDE FACILITIES IN FACILITATING THE GROWTH OF AIRCRAFT MOVEMENTS AT SYAMSUDIN NOOR AIRPORT BANJARMASIN

Student : Muhammad Habid Ocherudy
NRP : 3114.105.056
Department : Lintas Jalur S-1 Teknik Sipil
Counselor Lecturer 1 : Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
NIP : 196902241995122001
Counselor Lecturer 2 : Istiar, ST. MT
NIP : 197711052012121001

ABSTRACT

Syamsudin Noor airport, Banjarmasin increased demand of air transport every year where the increased resulted in a decreased ability of airside facilities in facilitating the growth of aircraft movements. So that the assessment is necessary as the air side facilities development efforts Syamsudin Noor Airport, Banjarmasin, which include the development of facilities planning runways, taxiway, exit taxiway and apron appropriate National master plan Syamsudin Noor Airport in 2011.

The development plan of the airside facilities is projected to year 2020 as the basis for the development of the facility. The development of airside facilities is using methods of the FAA (Federal Aviation Administration) for geometric design and software program for pavement FAARFIELD. The pavement type flexible pavement is runway and taxiway. While this type of pavement using rigid pavement is parking and apron when the type of flexible pavement not qualified.

The results showed that the runway need a second runway based on the wind analysis. The geometry of runway is 3000 m for long and 45 wide. The thickness of runway and taxiway are 740 mm and 730 mm. The air traffic also need development for its

apron. The size of the apron 336 m x 154.8 m with a rigid pavement thickness of 560 mm.

***Keywords: Facilities, Airside, Runway, Taxiway, Exit
Taxiway, Apron, Pavement.***

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmad dan anugerah-Nya yang telah memberikan kesehatan jasmani dan rohani, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Evaluasi Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin Dalam Memfasilitasi Pertumbuhan Pergerakan Pesawat”. Penulis memilih judul tersebut agar bisa mengevaluasi fasilitas sisi udara bandar udara tersebut, apakah masih layakdipertahankan atau tidaknya fasilitas sisi udara tersebut saat pertumbuhan pergerakan pesawat dalam kurun waktu 5 tahun yang akan datang fasilitas sisi udara tersebutdapat melayani pergerakan pesawatsecara optimal.

Keberhasilan dalam menyelesaikan tugas akhir ini tentu tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung dalam proses hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT berkenan melimpahkan karunia-Nya kepada pihak-pihak yang telah membantu kami.

Penulis menyadari bahwa dalam tugas akhir ini masih terdapat kekurangan, baik dalam hal penulisan dan sebagainya. Untuk itu, penulis mengharap kritikdan saran yang membangun untuk memperbaiki tugas akhir ini. Harapan penulis dengan tersusunnya tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun pembaca terutama instansi yang berkaitan langsung terhadap operasional bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin.

Penulis

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

Daftar Isi

Abstrak.....	iii
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xix

BAB I Pendahuluan 1

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Spesifikasi Bandar Udara (Tahun 2015)	5
1.7 Lokasi Penelitian	6

BAB II Tinjauan Pustaka 9

2.1 Umum	9
2.2 Karakteristik Pesawat Terbang	9
2.2.1 Beban Pesawat.....	10
2.2.2 Konfigurasi Roda Pendaratan Utama	11
2.3. Peramalan Pertumbuhan Lalu Lintas Udara Metode Ekonometrik.....	12
2.4. Perhitungan <i>Peak Hour</i> Rencana	13
2.5. Bagian/Fasilitas Lapangan Terbang	14
2.5.1 Landas Pacu (<i>Runway</i>)	14
2.5.1.1 Konfigurasi Landas Pacu (<i>Runway Configuration</i>).....	14

2.5.1.2 Orientasi Arah Landas Pacu	18
2.5.1.3 Lingkungan Lapangan Terbang	20
2.5.1.4 Perhitungan Panjang Landas Pacu (<i>Runway</i>) Akibat Pengaruh Kondisi Eksisting Lapangan Terbang	20
2.5.1.5 Koreksi Terhadap Temperatur Lapangan Terbang.....	20
2.5.1.6 Koreksi Terhadap Ketinggian Lapangan.....	20
2.5.1.7 Koreksi Terhadap Kemiringan Landasan (<i>Runway Gradient</i>)	21
2.5.1.8 Perencanaan Panjang Landas Pacu (<i>runway</i>) Terkoreksi	21
2.5.1.9 Klasifikasi Landas Pacu (<i>Runway Specification</i>)	22
2.5.1.10 Lebar, Kemiringan, dan Jarak Pandang Landas Pacu (<i>Runway</i>).....	25
2.5.2 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan	28
2.5.2.1 Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas	31
2.5.2.2 Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan	32
2.5.2.3 Kawasan Dibawah Permukaan Horisontal Dalam	32
2.5.2.4 Kawasan Dibawah Permukaan Horisontal Luar	33
2.5.2.5 Kawasan Dibawah Permukaan Kerucut	34
2.5.2.6 Kawasan Dibawah Permukaan Transisi	34
2.5.2.7 Batas-Batas Ketinggian Pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan	35
2.5.3 Marka di Landasan Pacu (<i>Runway</i>).....	36
2.5.4 Landas Hubung (<i>Taxiway</i>).....	40
2.5.4.1 Persyaratan Landas Hubung/Jalur Penghubung	40
2.5.4.2 Landas Hubung Paralel (<i>Taxiway Parallel</i>)	45
2.5.4.3 <i>Curve and Intersections</i> (Kurva dan Persimpangan).....	46

2.5.4.4 <i>Crossover Taxiway</i>	48
2.5.4.5 <i>Bahu Taxiway</i>	50
2.5.5 <i>Landas Hubung Keluar (Exit Taxiway)</i>	50
2.5.6 <i>Marka di Landas Hubung (Taxiway) dan Landas Hubung Keluar (Exit Taxiway)</i>	54
2.5.7 <i>Landas Parkir (Apron)</i>	54
2.5.7.1 <i>Penentuan Jumlah Gerbang (Gate)</i>	55
2.5.7.2 <i>Dimensi Gerbang (Gate)</i>	56
2.6 <i>Metode Perencanaan Perkerasan</i>	57
2.7 <i>Perencanaan Perkerasan Dengan Software FAARFIELD</i>	58
2.7.1 <i>Perencanaan Perkerasan Lentur (Flexible Pavement Design)</i>	61
2.7.1.1 <i>Lapis Permukaan Campuran Aspal Panas (Hot Mix Asphalt Surfacing)</i>	61
2.7.1.2 <i>Lapis Pondasi Atas (Base Course)</i>	62
2.7.1.3 <i>Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)</i>	63
2.7.1.4 <i>Tanah Dasar (Subgrade)</i>	64
2.7.2 <i>Perencanaan Perkerasan Kaku (Rigid Pavement Design)</i> ..	66
2.7.2.1 <i>Perkerasan Beton (Concrete Pavement)</i>	66
2.7.2.2 <i>Lapis Pondasi Bawah (Subbase Course)</i>	66
2.7.2.3 <i>Tanah Dasar (Subgrade)</i>	67
2.7.2.4 <i>Joint/Sambungan pada Perkerasan Kaku</i>	68
2.7.2.5 <i>Sambungan Baja</i>	74
BAB III Metodologi	77
3.1 <i>Umum</i>	77
3.1.1 <i>Identifikasi</i>	77

3.1.2 Studi Literatur	77
3.1.3 Pengumpulan Data.....	77
3.1.4 Analisis dan Pengolahan Data	78
3.1.4.1 Tahapan Analisis Pertumbuhan Lalu Lintas Udara	79
3.1.4.2 Tahapan Analisis Kondisi Eksisting Fasilitas Sisi Udara.....	79
3.1.4.3 Tahapan Perhitungan Kebutuhan Fasilitas Sisi Udara Tahun Rencana	79
3.1.5 Tahap Desain Fasilitas Sisi Udara.....	80
3.1.5.1 Perencanaan Dimensi Kebutuhan Landas Pacu (<i>Runway</i>)	80
3.1.5.2 Perencanaan Jumlah dan Letak Landas Hubung Keluar (<i>Exit Taxiway</i>)	81
3.1.5.3 Perencanaan Dimensi Kebutuhan Landas Hubung (<i>Taxiway</i>).....	81
3.1.5.4 Perencanaan Dimensi Kebutuhan Landas Parkir (<i>Apron</i>)	81
3.1.6 Perencanaan Tebal Perkerasan Dengan Metode FAA.....	82
3.1.5 Kesimpulan dan Saran	82
3.2 Diagram Alir	82

BAB IV Pengumpulan dan Pengolahan Data85

4.1 Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat	85
4.1.1 Analisis Eksisting Pergerakan Pesawat	85
4.1.2 Uji Hubungan Korelasi Antar Variabel	86
4.1.2.1 Uji Korelasi Variabel Terikat dengan Variabel Bebas	87
4.1.2.2 Uji Korelasi antar Variabel Bebas	88

4.1.3 Analisis Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat	89
4.2. Analisis Kondisi Eksisting Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin	99
4.2.1 Kondisi Eksisting Panjang Landas Pacu	99
4.2.2 Kondisi Eksisting Lebar Landas Pacu	100
4.2.3 Kondisi Eksisting Landas Hubung dan Landas Hubung Keluar	100
4.2.4 Kondisi Eksisting Panjang Landas Parkir	100
4.3. Evaluasi Geometrik Fasilitas Sisi Udara	101
4.3.1 Evaluasi Geometrik Landas Pacu	101
4.3.1.1 Evaluasi Arah Landas Pacu (Windrose Analysis)	102
4.3.1.2 Perhitungan Cara Analitis Panjang Landas Pacu	107
4.3.1.3 Perhitungan Cara Grafis Panjang Landas Pacu Lepas Landas (Take Off)	109
4.3.1.4 Perhitungan Cara Grafis Panjang Landas Pacu Pendaratan (Landing)	115
4.3.1.5 Perencanaan Dimensi Landas Pacu berdasarkan SKEP/77/VI/2005	117
4.3.1.6 Evaluasi Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)	124
4.3.2 Evaluasi Letak Landas Hubung Keluar	129
4.3.3 Evaluasi Geometrik Landas Hubung	132
4.3.4 Evaluasi Geometrik Landas Parkir	139
4.3.4.1. Sistem Parkir Pesawat	141
4.3.4.2. Jumlah Posisi Gerbang	141
4.3.4.3. Ukuran Posisi Gerbang	142
4.4. Perencanaan Perkerasan Fasilitas Sisi Udara	145

4.4.1.	Perencanaan Tebal Perkerasan Landas Pacu	149
4.4.2.	Perencanaan Tebal Perkerasan Landas Hubung	153
4.4.3.	Perencanaan Tebal Perkerasan Landas Parkir	156
4.4.4.	Perencanaan Sambungan pada Perkerasan Landas Parkir	158
BAB V Penutup.....		161
5.1.	Kesimpulan.....	161
5.2.	Saran.....	163
Daftar Pustaka		165

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Peta Lokasi Bandar Udara Syamsudin Noor ..	6
Gambar 1.2 Rute Penerbangan Domestik dari Bandar Udara Syamsudin Noor	7
Gambar 1.3 Layout Rencana Pengembangan Bandar Udara Syamsudin Noor	8
Gambar 2.1 Konfigurasi Roda Pendaratan Utama Tradisional/Simpel	11
Gambar 2.2 Konfigurasi Roda Pendaratan Utama Komplek/Rumit	12
Gambar 2.3 Landas Pacu Tunggal (<i>Single Runway</i>)	15
Gambar 2.4 Landas Pacu Sejajar/Paralel	16
Gambar 2.5 Landas Pacu Berpotongan	17
Gambar 2.6 Landas Pacu V Terbuka	18
Gambar 2.7 Koordinat Sistem <i>Wind Rose</i> dan Layout	19
Gambar 2.8 Kemiringan <i>Clearway</i>	23
Gambar 2.9 Penampang <i>Stopway/Overrun</i>	24
Gambar 2.10 Tampang atas Landasan	25
Gambar 2.11 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan	29
Gambar 2.12 Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas	31
Gambar 2.13 Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan	32
Gambar 2.14 Kawasan Dibawah Permukaan Horisontal Dalam	33
Gambar 2.15 Kawasan Dibawah Permukaan Horisontal Luar	33
Gambar 2.16 Kawasan Dibawah Permukaan Kerucut	34
Gambar 2.17 Kawasan Dibawah Permukaan Transisi	35
Gambar 2.18 Ukuran-ukuran dan Bentuk Angka untuk Marking Nomor Landasan	37

Gambar 2.19 Izin Ujung Sayap dari <i>Taxiway</i>	43
Gambar 2.20 Izin Ujung Sayap dari <i>Taxiway Apron</i>	43
Gambar 2.21 Landas Hubung Paralel.....	46
Gambar 2.22 Taxiway Crossover Mana Arah Pembalikan Kebutuhan Berdasarkan TDG.....	49
Gambar 2.23 <i>Exit taxiway</i> 90°	51
Gambar 2.24 <i>Exit taxiway</i> 45°	51
Gambar 2.25 <i>Exit taxiway</i> 30°	52
Gambar 2.26 <i>Marking Guideline</i> Menyinggung <i>Centreline</i>	54
Gambar 2.27 <i>Software</i> FAARFIELD	58
Gambar 2.28 Two Effective Tire Widhts-No Overlap	59
Gambar 2.29 Two Effective Tire Widhts-Overlap.....	60
Gambar 2.30 Sambungan Isolasi Tipe A dan A-1	69
Gambar 2.31 Detail Sambungan Isolasi	70
Gambar 2.32 Sambungan Kontraksi Tipe B, Tipe C, dan D	70
Gambar 2.33 Detail Sambungan Kontraksi	71
Gambar 2.34 Sambungan Kontruksi Tipe E.....	71
Gambar 2.35 Detail Sambungan Kontruksi	71
Gambar 2.36 Posisi Dowel Pada Tepi Perkerasan (Tipe C dan E)	72
Gambar 3.1 Flow Chart/Bagan alir pelaksanaantugasakhir	83
Gambar 3.2 Flow Chart/Bagan alir Program <i>Software</i> FAARFIELD.....	84
Gambar 4.1 Grafik Pergerakan Pesawat Januari 2011 s.d Desember 2015	92
Gambar 4.2 Plot ACF pada Pesawat Airbus A320.....	93
Gambar 4.3 Plot PACF pada Pesawat Airbus A320	93
Gambar 4.4 Uji Signifikan Parameter ARIMA (1,0,0)	94
Gambar 4.5 Uji Asumsi <i>White Noise</i> ARIMA	94
Gambar 4.6 Grafik Peramalan Pesawat metode ARIMA	98

Gambar 4.7 Diagram windrose azimuth 135° - 315°	103
Gambar 4.8 Plot arah pesawat terhadap <i>crosswind</i>	105
Gambar 4.9 Rekomendasi Letak Landasan 2 Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin	106
Gambar 4.10 Panjang Landas Pacu Lepas Landas Boeing 737-900ER	111
Gambar 4.11 Panjang Landas Pacu Lepas Landas terkoreksi Boeing 737-900ER	114
Gambar 4.12 Panjang Landas Pacu Pendaratan Boeing 737-900ER	116
Gambar 4.13 Potongan Memanjang dan Melintang Batas-Batas Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Bandar Udara Syamsudin Noor	126
Gambar 4.14 Letak Landas Hubung Keluar A, B, C, dan D	129
Gambar 4.15 Letak Landas Hubung Keluar Landasan 1 dan Landas Hubung Keluar Landasan 2	131
Gambar 4.16 Layout Tipikal Bandar Udara	134
Gambar 4.17 Detail Taxiway Edge Safety Margin (TESM)	135
Gambar 4.18 Belokan Landas Hubung - 90°	136
Gambar 4.19 Jalur Masuk Landas Hubung	137
Gambar 4.20 Jarak Antara Landas Pacu, Landas Hubung, dan Landas Parkir	138
Gambar 4.21 Sistem Parkir Nose-In	141
Gambar 4.22 Hasil Analisis Tebal Perkerasan Landas Pacu STA 0+000 s.d 2+200	149
Gambar 4.23 Hasil Analisis Tebal Perkerasan Landas Pacu STA 2+500 s.d 3+000	150
Gambar 4.24 Gambaran Tebal Perkerasan STA 0+000-2+200 dengan STA 2+200-2+500	152

Gambar 4.25 Tebal Perkerasan Minimum Landas Hubung Baru 155

Gambar 4.26 Tebal Perkerasan Minimum Landas Hubung A & B 155

Gambar 4.27 Analisis Tebal Perkerasan Landas Parkir Eksisting..... 156

Gambar 4.28 Rekomendasi Tebal Minimum Perkerasan Landas Parkir (Apron) 157

Gambar 4.29 Detail Sambungan Konstruksi Tipe E 158

Gambar 4.30 Posisi Sambungan pada Tepi Perkerasan .158

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Maximum Permissible Cross Wind.....	19
Tabel 2.2 Aerodrome Reference Code	22
Tabel 2.3 Dimensi <i>Blast Pad</i>	23
Tabel 2.4 Dimensi Runway Safety Area (RESA)	25
Tabel 2.5 Lebar <i>Runway</i>	26
Tabel 2.6 Kemiringan <i>Longitudinal Slopes</i>	26
Tabel 2.7 Panjang, Lebar, Kemiringan, dan Perataan Strip Landasan.....	27
Tabel 2.8 Dimensi dan Kemiringan dari Batasan Permukaan <i>Obstacle Approach Runways</i>	30
Tabel 2.9 Dimensi dan Kemiringan dari Batasan Permukaan <i>Obstacle Takeoff Runways</i>	31
Tabel 2.10 Jumlah <i>Strip</i> Tanda <i>Threshold</i>	38
Tabel 2.11 Jumlah Pasangan Tanda <i>Touchdown Zone</i>	39
Tabel 2.12 Standar Desain Berdasarkan Airplane Desain Group (ADG)	41
Tabel 2.13 Standar Desain Berdasarkan Taxiway Design Group (TDG).....	42
Tabel 2.14 Standar Rincian Persimpangan Untuk TDG 3.....	47
Tabel 2.15 Crossover Taxiway Dengan Arah Pembalikan Antara Taxiway Berdasarkan TDG	49
Tabel 2.16 Letak dan Ukuran <i>Aiming Point Marking</i>	52
Tabel 2.17 Pengklasifikasian Kelas Pesawat Terbang	56
Tabel 2.18 Jarak Bebas Antar Pesawat di <i>Apron</i>	57
Tabel 2.19 Nilai Standar pada <i>Software</i> FAARFIELD	60
Tabel 2.20 Nilai Standar CDF pada <i>Software</i> FAARFIELD	61
Tabel 2.21 Ketebalan Minimum Agregat Lapis Pondasi Bawah.....	63
Tabel 2.22 Persyaratan Tanah Dasar Untuk Pemadatan.....	66





Tabel 2.23 Contoh Kepadatan Untuk Tanah Dasar.....	66
Tabel 2.24 Contoh Persyaratan Pemadatan	66
Tabel 2.25 Rekomendasi Perbaikan dari Tanah Bergelombang	68
Tabel 2.26 Jenis Sambungan Perkerasan Kaku.....	72
Tabel 2.27 Rekomendasi Jarak Maksimum Sambungan – Perkerasan Kaku Dengan atau Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah.....	73
Tabel 2.28 Dimensi dan Jarak Spasi <i>Dowel Bar</i>	75
Tabel 4.1 Data Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2015.....	85
Tabel 4.2 Uji Korelasi Skenario 1	87
Tabel 4.3 Uji Korelasi Skenario 2	87
Tabel 4.4 Uji Korelasi Skenario 3	88
Tabel 4.5 Uji Korelasi Antar Variabel Bebas.....	88
Tabel 4.6 Data Variabel Bebas Metode Ekonometrik.....	90
Tabel 4.7 Prediksi Pertumbuhan Variabel Bebas	91
Tabel 4.8 Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat....	91
Tabel 4.9 Hasil Peramalan Dengan Metode ARIMA Tahun 2016.....	95
Tabel 4.10 Hasil Peramalan Dengan Metode ARIMA Tahun 2020.....	96
Tabel 4.11 Peramalan Pergerakan Pesawat metode ARIMA	97
Tabel 4.12 Prosentase Kejadian Arah dan Kecepatan Angin	102
Tabel 4.13 Prosentase Hasil Analisis vs Arah Landas Pacu	104
Tabel 4.14 Hasil Analisis Crosswind dari Selatan (180°)	105
Tabel 4.15 Lebar Landas Pacu berdasarkan Kode ARC .	118
Tabel 4.16 Lebar Bahu Landasan (Runway Shoulder)	119
Tabel 4.17 Area Berputar (<i>Turning Area</i>).....	119

Tabel 4.18 KemiringanMemanjangMaksimumLandas Pacu	120
Tabel 4.19 Kemiringan Melintang Landas Pacu	120
Tabel 4.20 Jarak Pandang Minimum LandasPacu.....	121
Tabel 4.21 Jalur Landas Pacu	121
Tabel 4.22 Jaluruntukberhenti	122
Tabel 4.23 Dimensi <i>Holding Bay</i>	122
Tabel 4.24 Dimensi RESA	123
Tabel 4.25 Daftar Batas-Batas Ketinggian pada Kawasan Lepas Landas Landas Pacu 28 dan 32 Pola Pengembangan	127
Tabel 4.26 Daftar Batas-Batas Ketinggian pada Kawasan Lepas Landas Landas Pacu 10 dan 14 Pola Pengembangan	128
Tabel 4.27 Letak Landas Hubung Keluar per Jenis Pesawat	130
Tabel 4.28 Desain Standar berdasarkan ADG	133
Tabel 4.29 Desain Standar berdasarkan TDG	133
Tabel 4.30 Standar Detail Persimpangan untuk TDG kategori 3.....	135
Tabel 4.31 Jarak Antara Landas Pacu Dan Landas Hubung	137
Tabel 4.32 Peramalan Pertumbuhan Keberangkatan Pesawat	139
Tabel 4.33 Jumlah Pergerakan Pesawat pada Jam Puncak	140
Tabel 4.34 Jumlah Gerbang Tahun Rencana.....	142
Tabel 4.35 Dimensi Landas Parkir Masing-masing Jenis Pesawat	143
Tabel 4.36 Kebutuhan Ukuran Landas Parkir Tahun 2019	144

Tabel 4.37 Kebutuhan Ukuran Landas Parkir Tahun Rencana	145
Tabel 4.38 Tebal Perkerasan Eksisting pada Landas Pacu 10-28	146
Tabel 4.39 Hasil Tes CBR Laboratorium dan CBR Lapangan Tanah Dasar Landas Pacu Bandara Syamsudin Noor Banjarmasin	147
Tabel 4.40 Tebal Perkerasan Kaku Landas Pacu Tahun 2009.....	147
Tabel 4.41 Tebal Perkerasan Eksisting berdasarkan nilai PCN	148
Tabel 4.42 Tebal Perkerasan Rencana	151
Tabel 4.43 Tebal Perkerasan Landas Hubung Rencana ...	154
Tabel 4.44 Tebal Perkerasan Landas Parkir Timur	157
Tabel 4.45 Rekomendasi Jarak Sambungan Perkerasan Kaku Dengan atau Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah	159



NAMA PEMBIMBING	: 1. Ir. Ervina Ahjudanari, ME, PhD 2. Istiaq, ST, MT
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Habid Ocherudy
NRP	: 3114.105.056
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi Fasilitas Sisi Utara Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin dalam Memfasilitasi Pertumbuhan Pergerakan Pesawat
TANGGAL PROPOSAL	: 21 Januari 2016
NO. SP-MMTA	: 011887 / IT2.3.1 / PP. 05.02.00 / 2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	10 Mar '16	<ul style="list-style-type: none">Perhitungan untuk wind rose → cek % usability factor dari Runway.Proses peramalan	<ul style="list-style-type: none">Apakah akan perlu tidak perlu dibuatkan runway ke .2. ?Perlu data uji korelasi antara pertumbuhan pergerakan pesawat dg \rightarrow \geq PDRB \leq populasiPeramalan menggunakan data 2005-2010 untuk melihat trend 2015.	
2	17 Mar '16	diskusi metode peramalan		
3	31 Mar '16	<ul style="list-style-type: none">Peramalan OK.Disain exit taxiway perlu dievaluasi.Disain apron harus memperhatikan skenario hasil peramalan	<ul style="list-style-type: none">Perbaiki analisis exit taxiway & perhit. apron.	
4	7 Apr '16	<ul style="list-style-type: none">Analisis windroseForecasting Method	<ul style="list-style-type: none">perbaiki / cari referensi barisan & kecepatan anginDitambil yg mendekati 1 (R square)	
5	7 Apr '16	<ul style="list-style-type: none">Perhitungan MTOW, Windrose, Exit taxiway	<ul style="list-style-type: none">cek cross wind.Cek perhit. kebut. panjang runwayPerbaiki asumsi touchdown area yg direvisikan dg ILS.	



PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

NAMA PEMBIMBING	: 1. Ir. Erwina Angudani, ME. PhD 2. Istia, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Habid Ocherudy
NRP	: 3119.105.056
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Supriatno Moer Banjirwasin dalam Memfasilitasi Pertumbuhan Pergerakan Pesawat
TANGGAL PROPOSAL	: 21 Januari 2016
NO. SP-MMTA	: 011887 / IT2.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
6.	14-09-16	Perhitungan crosswind, panjang runway, peramalan, exit taxiway wind rose vnt 2 runway	<ul style="list-style-type: none">Crosswind perlu cek perhit pergeseran arah pesawatPenjang runway terbelah adalah y frek terbesar → cek kecukupan y psat besarPeramalan buoy data sbt 2010 → cek DP vnt data 2005-2008Exit taxiway bentuk harus sesuai kebutuhan lokasi tpt panjang Landy.R.2 harus diperhitungkan y Exit taxiway dan taxiway	
7.	21-09-2016	perhitungan crosswind, letak exit taxiway, peramalan pergerakan pesawat.	<ul style="list-style-type: none">Crosswind, angin kecepatan angin yg digunakan dr data angin BMKG → 2Per Fasilitas Sisi Udara setelah direncanakan & prediksi tiap 5 tahun hingga tahun 2030Per Perencanaan Apron (geometrik)Exit taxiway, taxiway, Runway Runway 2KKOP gambar & koordinat.	




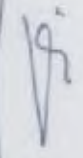

PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS

LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5996879, Fax.031-5947284

NAMA PEMBIMBING	: 1. Ir. Ervina Anyudanari, ME PhD 2. Istikar, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Habid Ocherudy
NRP	: 3114.105.056
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi Fasilitas Sisi Udara Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin dalam Memfasilitasi Pertumbuhan Pergerakan Pesawat
TANGGAL PROPOSAL	: 21 Januari 2016
NO. SP-MMTA	: 011887 / IT 2.3.1.1 / PP.05.02.00 / 2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
B.	9 Mei '16	<ul style="list-style-type: none">Perencanaan Pertumbuhan Pergerakan PesawatAnalisa Kondisi Eksisting<ul style="list-style-type: none">Runway<ul style="list-style-type: none">panjang runway kebutuhanarah runway (2 runway dgn analisis crosswind)Letak Exit TaxiwayApron Eksisting.	<ul style="list-style-type: none">Perhitungan peak hour next lagi.Cek kembali kecepatan Touchdown pesawat (V_{td}) untuk penentuan per letak exit taxiwayV_{app} = kecepatan saat Siudara.Kebutuhan Apron tahun rencana.	
9.	12-Mei-16	<ul style="list-style-type: none">Analisis Apron EksistingTake Off Take Off Ground Run Distance next timeLetak Exit Taxiway <p>Bijelasakan proses keluar pesawat.</p> <p>$V_{touchdown}$ Google.</p> <p>Runway Strip.</p>	<ul style="list-style-type: none">Perhitungan Apron tahun rencana s.d thn 2030perhitungan perhitungan takeoff ground distance, climb off distancepermodelan KKOPRevisi letak Exit taxiway dgn $V_{touchdown}$ yg sesuaiDesain Geometrik Runway, Taxiway Paralel, Exit TaxiwayJari-jari taxiway & dimensi taxiway pilet.	
10.	23/05 '16	<ul style="list-style-type: none">Analisis Eksisting Apron & Rencana Dimensi tahun 2016 s.d 2030Take Off Distance Available	<ul style="list-style-type: none">Cek kembali perhitungan prediksi pertumbuhan pergerakan pesawat dgn memasukkan variabel X_3, skenario variabel output X_1 & X_2 (PDRB dan Populasi)Take Off Distance Available mengacu nd Manual Aircraft dan Koreksi	



PROGRAM STUDI S1 LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)


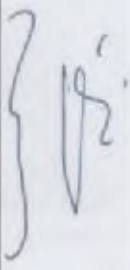
Jurusan Teknik Sipil Lt.1, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5996879, Fax.031-5947284



Form TA-04
rev01

NAMA PEMBIMBING	: 1. Ir. Ervina Ahyudayani, ME, PhD 2. Istic, ST, MT
NAMA MAHASISWA	: Muhammad Habid Ocherudy
NRP	: 314.105.056
JUDUL TUGAS AKHIR	: Evaluasi Fasilitas Rsi udara Bandar Udara Suparsudin Moor Banjarmasin dalam Memfasilitasi Pertumbuhan Pergerakan Pesawat
TANGGAL PROPOSAL	: 21 Januari 2016
NO. SP-MMTA	: 011887 / IT 2.3.1.1 / PP. 05.02.00 / 2016

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
11.	26/05 2016	<ul style="list-style-type: none">• Peramalan Pergerakan Pesawat metode ARIMA• Dimensi Apron dgn data peramalan pergerakan pesawat metode ARIMA•	<ul style="list-style-type: none">• Cek lagi pergerakan pesawat ditahun 2016 s.d aktual bulan Mei 2016.• Tentukan Dimensi Apron untuk 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2025, dan 2030	
12.	2/06/2016	<ul style="list-style-type: none">• Bab III• Perhitungan Tebal Perkerasan	<ul style="list-style-type: none">• Surface runway (overlay) & check kembali dgn memperhatikan gradient (slope) 0%• Revisi gambar potongan melintang & memanjang KOP & perbesar• Gambar rencana	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bandar Udara Syamsudin Noor merupakan salah satu penggerak pertumbuhan ekonomi yang sangat dominan di provinsi Kalimantan Selatan. Berdasarkan KM 11 Tahun 2010 tentang Tata Nelayan Kebandarudaraan Nasional, bandara Syamsudin Noor dikategorikan sebagai bandar udara pengumpul skala pelayanan sekunder yang dimana artinya direncanakan dapat melayani penumpang dengan jumlah lebih besar atau sama dengan 1.000.000 (*satu juta*) dan lebih kecil dari 5.000.000 (*lima juta*) orang pertahun. Dan saat ini fasilitas sisi udara bandar udara Syamsudin Noor memiliki panjang landas pacu (*runway*) yang tersedia sepanjang 2.500 m, 4 buah landas hubung (*taxiway*) dengan total luas 18.318 m², dan 2 buah landas parkir (*apron*) dengan ukuran dimensi masing-masing apron 1 sebesar 326 m x 90 m dengan konfigurasi 4 posisi gerbang (*gate position*) pesawat berukuran sedang seperti Boeing 737-400 dan apron 2 sebesar 336 m x 152 m dengan konfigurasi 4 posisi gerbang (*gate position*) pesawat berukuran besar seperti Boeing 767-300ER.

Seiring berkembangnya potensi daerah yang cukup pesat terutama sebagai salah satu penghasil Sumber Daya Alam bidang pertambangan mineral menunjukkan pertumbuhan terhadap jumlah trafik (pesawat, penumpang, dan kargo). Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. (Persero) Angkasa Pura I Bandar Udara Syamsudin Noor menempati posisi ke 8 (*delapan*) sebagai bandar udara tersibuk di Indonesia, dengan total jumlah pergerakan pesawat pada tahun 2014 mencapai 30.607 kali penerbangan dengan jumlah pesawat datang sebanyak 15.224 kali dan jumlah pesawat berangkat sebanyak 15.237 kali. Bila dibandingkan dengan jumlah pergerakan pesawat pada tahun 2010 sebanyak 22.346 kali penerbangan, terjadi peningkatan pergerakan pesawat sebesar 36,97%.Serta adanya perhatian dari masyarakat untuk meningkatkan permintaan penerbangan untuk beberapa rute

penerbangan tertentu, hal tersebut terlihat dalam frekuensi penerbangan mingguan untuk rute penerbangan tujuan kota Jakarta sebanyak 98 kali penerbangan, tujuan kota Surabaya sebanyak 84 kali penerbangan, dan jumlah penerbangan tujuan kota lainnya dalam seminggu terjadi 151 kali penerbangan.

Dengan meningkatnya permintaan akan jasa penerbangan komersial tersebut, maka pihak penyedia layanan jasa penerbangan atau maskapai akan melakukan pengembangan-pengembangan baru terhadap permintaan frekuensi penerbangan ini. Pengembangan yang akan dilakukan pihak maskapai salah satunya adalah meningkatkan kapasitas penumpang dalam sekali penerbangan, yang berarti ialah maskapai akan menggunakan jenis pesawat baru berbadan lebih besar dari yang digunakan saat ini. Melihat hal tersebut pihak pengelola bandar udara perlu melakukan pengembangan fasilitas sarana sisi udara (*air side*) bandar udara Syamsudin Noor yang dapat melayani pergerakan jenis pesawat rencana tersebut dan dapat menyelenggarakan pelayanan penerbangan atau transportasi udara yang efektif, aman, dan cepat.

Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 69 tahun 2013 tentang Tata Nalangan Kebandarudaraan Nasional, rencana pengembangan bandar udara Syamsudin Noor juga mendapat perhatian dari Pemerintah Nasional, yaitu dengan adanya Rencana Induk Nasional Bandar Udara. Dimana bandar udara Syamsudin Noor pada tahun 2020 direncanakan menjadi bandar udara terkatégorikan bandar udara pengumpul (*Hub*) skala pelayanan primer, dimana bandar udara pengumpul skala pelayanan primer merupakan daerah yang berpengaruh cukup besar terhadap pertumbuhan perekonomian nasional. Hal ini berpengaruh karena bandar udara tersebut direncanakan melayani penumpang penerbangan dengan jumlah lebih besar atau sama dengan 5.000.000 (*lima juta*) orang dalam setahun.

Dalam perencanaan pengembangan ini perlu dilakukan kajian peramalan atau prediksi pertumbuhan pergerakan pesawat dalam kurun waktu 5 tahun. Dengan dasar peramalan selama 5

tahun digunakan untuk mengevaluasi kebutuhan penambahan fasilitas-fasilitas baru bandar udara seperti penambahan panjang landas pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*), landas parkir (*apron*), dan evaluasi Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP).

Berdasarkan Rencana Induk Nasional Bandar Udara Nasional serta melihat kebutuhan pengembangan lainnya, maka bandar udara Syamsudin Noor perlu dilakukan pengembangan fasilitas-fasilitas bandar udara terutama fasilitas sisi udara (*air-side*). Oleh karena itu, maka studi/kajian kelayakan rencana pengembangan ini penting dilakukan terutama untuk bandar udara dapat melayani peningkatan pergerakan pesawat dikemudian hari.

1.2 Rumusan Masalah

Dari kondisi tersebut dapat disimpulkan permasalahan yang terjadi di Bandara Syamsudin Noor saat ini adalah :

1. Berapakah pertumbuhan pergerakan pesawat dalam 5 tahun terakhir?
2. Bagaimanakah perkiraan pertumbuhan pergerakan pesawat dalam jangka waktu 5 tahun ke depan?
3. Bagaimanakah kapasitas fasilitas sisi udara bandar udara kondisi eksisting terhadap pertumbuhan pergerakan pesawat 5 tahun ke depan?
4. Berapakah kebutuhan dimensi dan struktur perkerasan landas pacu (*runway*) yang diperlukan dengan perkiraan pertumbuhan pergerakan pesawat 5 tahun ke depan?
5. Bagaimanakah letak, dimensi, dan struktur perkerasan landas hubung keluar (*exit taxiway*) dan landas hubung (*taxiway*) yang sesuai dengan perkiraan pertumbuhan pergerakan pesawat 5 tahun ke depan?
6. Berapakah kebutuhan dimensi dan struktur perkerasan landas parkir (*apron*) yang diperlukan dengan perkiraan pertumbuhan pergerakan pesawat 5 tahun ke depan?

1.3 Tujuan

Studi ini dilakukan dengan maksud untuk mengetahui besarnya permasalahan yang ditimbulkan oleh meningkatnya permintaan (*demand*) dan penggunaan transportasi udara setiap tahunnya. Berikut tujuan studi ini dilakukan :

1. Melakukan evaluasi kapasitas fasilitas sisi udara bandara dan pertumbuhan pergerakan pesawat selama 5 tahun terakhir.
2. Melakukan peramalan peningkatan volume lalu lintas udara 5 tahun mendatang.
3. Melakukan evaluasi kapasitas fasilitas sisi udara kondisi eksisting terhadap peramalan peningkatan volume lalu lintas udara 5 tahun mendatang.
4. Merencanakan dimensi dan tebal perkerasan landas pacu (*runway*) yang dapat memfasilitasi kebutuhan perkiraan pergerakan pesawat hingga 5 tahun ke depan.
5. Merencanakan letak, dimensi, dan tebal perkerasan landas hubung keluar (*exit taxiway*) dan landas hubung (*taxiway*) yang dapat memfasilitasi kebutuhan perkiraan pergerakan pesawat hingga 5 tahun ke depan.
6. Merencanakan dimensi dan tebal perkerasan landas parkir (*apron*) yang dapat memfasilitasi kebutuhan perkiraan pergerakan pesawat hingga 5 tahun mendatang.

1.4 Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini, perlu dibuat beberapa batasan masalah agar nantinya tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan. Adapun batasan-batasan tersebut adalah

1. Batasan waktu studi pengembangan selama 5 tahun yaitu tahun 2021 (sebagai batasan waktu kajian masa peramalan pertumbuhan (*forecasting*) dan masa evaluasi)
2. Tidak memperhitungkan analisis harga satuan pekerjaan (RAB).

3. Tidak membahas Reklamasi dan Metode Perbaikan Tanah.
4. Tidak membahas sistem Drainase terkait.
5. Alat bantu navigasi yang digunakan hanya *Instrument Landing System (ILS)* sebagai alat bantu menentukan dasar evaluasi fasilitas sisi udara.
6. Analisis perkerasan dilakukan dengan menggunakan program bantu FAARFIELD dan COMFAA.
7. Analisis peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat metode ARIMA menggunakan program bantu Minitab.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Lebih memahami detil perencanaan fasilitas sisi udara suatu bandar udara.
2. Diharapkan dapat menjadi referensi pengembangan sisi udara di suatu bandar udara.

1.6 Spesifikasi Bandar Udara (Tahun 2015)

Spesifikasi Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin adalah sebagai berikut :

Nama	: Bandar Udara Syamsudin Noor
Klasifikasi Bandara	: Kelas IB
Lokasi	: 3° 26' 23" LS / 114° 45' 15,22"
BT	
Luas Bandara	: 257 ha
Elevasi	: 20,12 mdpl (66,00 ft dpl)
Kode ICAO/IATA	: WAOO / BDJ
Jam Operasi	: 07:00 – 19:00 WITA
Jarak dari Kota	: 25 Km (Kota Banjarmasin)
Landasan	: Azimuth : 10-28
	Ukuran : 2.500 m x 45 m
PCN	: 76 F/B/X/T dan 68 R/B/X/T
Taxiway	: Total Luas : 18.318 m ²

PCN	: A : 36 F/B/X/T , B : 36 F/B/X/T C : 52 R/B/X/T , D : 45 R/B/Y/T
Apron	: Luas Apron : 80.412 m ²
PCN	: WEST : 36 F/B/X/T, EAST : 60 R/B/X/T
Fasilitas ILS	: LOC (<i>Localizer</i>)& GS (<i>Glide Slope</i>)
Transportasi Darat	: Taksi, Bus Bandara, dan Angkutan Umum Lokal
Parkir Kendaraan	: Luas : 6.650 m ² Kapasitas :250 Roda 4, 400 Roda 2

2

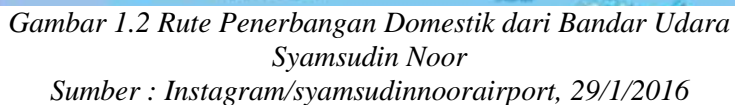
Sumber : PT. AP 1 Bandar Udara Syamsudin Noor, 2016

1.7 Lokasi Penelitian

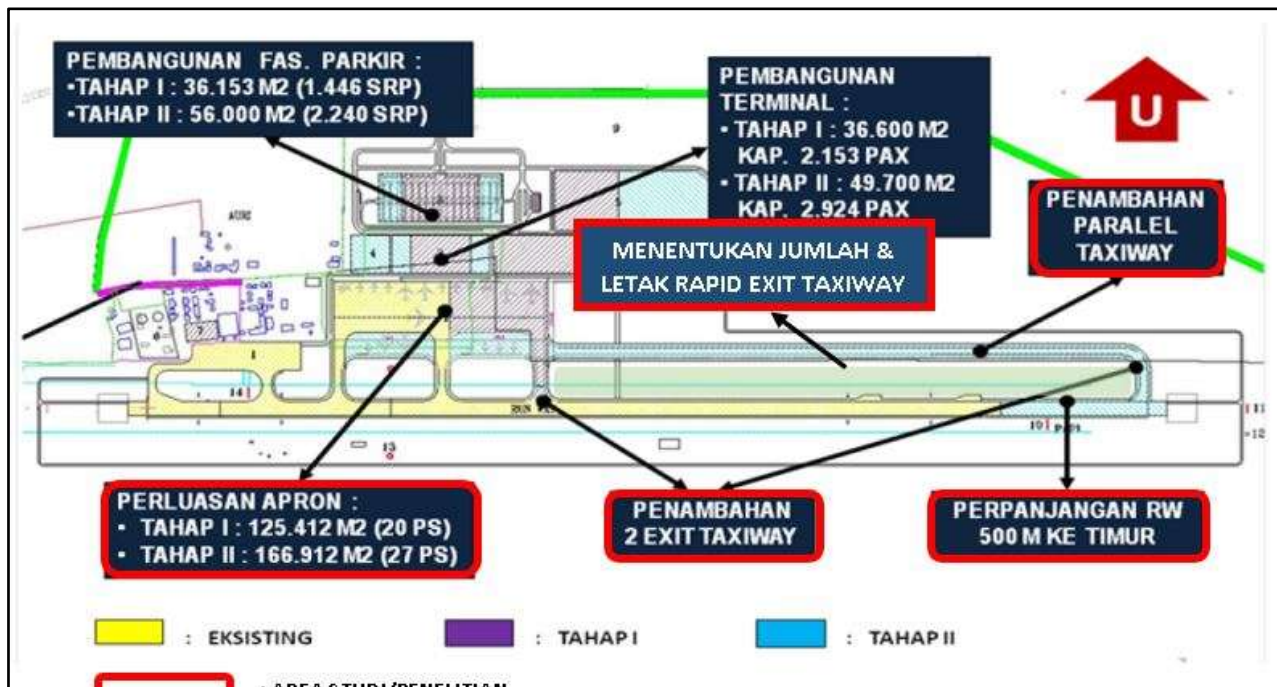
Penelitian ini dilakukan di Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin yang berlokasi di Kecamatan Landasan Ulin, Banjarbaru, Kalimantan Selatan atau 25 km dari pusat Kota Banjarmasin. Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin melayani penerbangan menuju 11 Bandar Udara lainnya di Indonesia setiap harinya baik dalam regional yang sama maupun yang diluar regional Kalimantan Selatan. Adapun lokasi dan rute penerbangan ini dapat dilihat pada lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Bandar Udara Syamsudin Noor



Rencana pengembangan yang dilakukan penelitian evaluasi fasilitas sisi udara Bandar Udara Syamsudin Banjarmasin ini meliputi pengembangan panjang landas pacu, penambahan landas hubung keluar, landas hubung paralel, dan perluasan landas parkir. Area pengembangan yang akan dievaluasi dapat dilihat pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Layout Rencana Pengembangan Bandar Udara Syamsudin Noor
Sumber : Studi Kelayakan Pengembangan Bandar Udara Syamsudin Noor, 2011

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Pengembangan Bandar Udara dilakukan untuk meningkatkan kemampuan dan kualitas jasa pelayanan, sehingga dapat mendukung kelancaran operasional penerbangan pada saat ini dan masa mendatang. Ruang lingkup pengembangan meliputi fasilitas (*airside*) bandar udara yaitu landas pacu (*runway*), landas penghubung (*taxiway dan exit taxiway*) dan juga landas parkir (*apron*). Data-data yang diperlukan terkait dengan rencana pengembangan antara lain; data elevasi/ketinggian, gradient efektif, suhu, arah dan kecepatan angin untuk mengevaluasi arah/sudut azimuth landas pacu (*runway*), data tipe pesawat yang beroperasi saat ini, statistik jumlah pergerakan pesawat per tahun selama 10 tahun terakhir, statistik jumlah penumpang dan barang per tahun selama 10 tahun terakhir, data pengujian tanah dasar (CBR subgrade) guna merencanakan tebal perkerasan pada lapangan terbang, spesifikasi dan persyaratannya yang sesuai.

2.2 Karakteristik Pesawat Terbang

Karakteristik pesawat terbang akan dapat mempengaruhi kebutuhan geometrik landasan pacu. Ketepatan analisa mengenai kebutuhan geometrik ini tidak dapat diasumsikan satu jenis pesawat terbang saja. Dikarenakan banyak variabel yang mempengaruhi, baik faktor dari dalam seperti jenis pesawat maupun faktor dari luar seperti arah dan kecepatan angin, temperatur suhu permukaan, dan kemiringan memanjang landasan. Hal yang perlu diketahui dalam perencanaan bandar udara adalah karakteristik pesawat, antara lain :

- a. Ukuran dari jenis pesawat, menentukan lebar landas pacu (*runway*), lebar landas hubung (*taxiway*), serta jari-jari putar yang dibutuhkan.

- b. Berat, pesawat menentukan tebal perkerasan dari landas pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*), dan landas parkir (*apron*).
- c. Kapasitas penumpang, berpengaruh dalam menentukan fasilitas di dalam maupun sekitar terminal bandara.
- d. Kebutuhan panjang landas pacu (*runway*), mempengaruhi luas tanah bandara yang dibutuhkan.

(Sumber : Basuki, 1986)

Karakteristik pesawat yang berhubungan dengan perencanaan lapis perkerasan bandar udara antara lain ialah :

- a. Beban pesawat
- b. Konfigurasi roda pendaratan utama pesawat

(Sumber : Sartono, 1992)

2.2.1. Beban Pesawat

Beban pesawat diperlukan untuk menentukan tebal perkerasan landas pacu yang dibutuhkan. Beberapa jenis beban pesawat yang berhubungan dengan pengoperasian pesawat antara lain :

- a. Berat Kosong Operasi (*Operating Weight Empty*), Beban utama pesawat, termasuk awak pesawat dan konfigurasi roda pesawat tetapi tidak termasuk muatan (*payload*) dan bahan bakar (*fuel*).
- b. Muatan (*Payload*), Beban pesawat yang diperbolehkan untuk diangkut oleh pesawat sesuai dengan persyaratan angkut pesawat. Beban muatan menghasilkan pendapatan (beban yang dikenai biaya). Secara teoritis beban maksimum ini merupakan perbedaan antara berat bahan bakar kosong dan berat kosong operasi.
- c. Berat Bahan Bakar Kosong (*Zero Fuel Weight = ZFW*)
Beban maksimum yang terdiri dari berat operasi kosong, beban penumpang, dan barang.
- d. Berat Ramp Maksimum (*Maximum Ramp Weight*)
Beban maksimum untuk melakukan gerakan atau berjalan dari parkir pesawat menuju landas pacu. Selama

melakukan gerakan ini, maka akan terjadi pembakaran bahan bakar sehingga pesawat kehilangan berat.

- e. Berat Maksimum Lepas Landas (*Maximum Take Off Weight = MTOW*)

Beban maksimum pada awal lepas landas sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan. Beban ini meliputi berat kosong operasi, bahan bakar dan cadangan (tidak termasuk bahan bakar yang digunakan untuk melakukan gerakan awal), dan muatan.

- f. Berat Maksimum Pendaratan (*Maximum Landing Weight = MLW*)

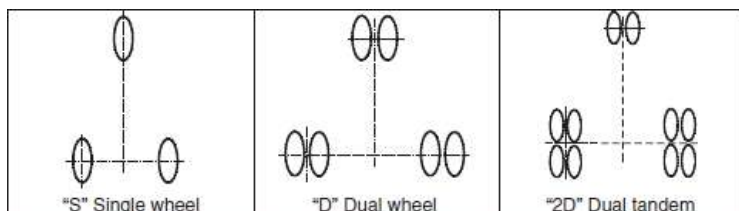
Beban maksimum pada saat roda pesawat menyentuh perkerasan landas pacu sesuai dengan bobot pesawat dan persyaratan kelayakan penerbangan.

(Sumber : Basuki, 1986)

2.2.2. Konfigurasi Roda Pendaratan Utama

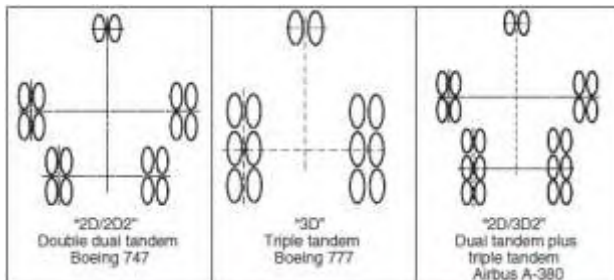
Konfigurasi roda pendaratan untuk jasa penerbangan skala besar dengan pesawat berbadan besarmemiliki konfigurasi pendaratan yang rumit atau kompleks seperti pada gambar 2.2, sedangkan untuk jasa penerbangan skala kecil dengan pesawat berbadan kecil hingga menengah konfigurasi roda pendaratan utamanya lebih simpel seperti pada gambar 2.1.

(Sumber : Horonjeff, 2010)



Gambar 2.1 Konfigurasi Roda Pendaratan Utama
Tradisional/Simpel

(Sumber : Horonjeff, 2010)



Gambar 2.2 Konfigurasi Roda Pendaratan Utama Komplek/Rumit
(Sumber : Horonjeff, 2010)

2.3 Peramalan Pertumbuhan Lalu Lintas Udara Metode Ekonometrik

Teknik yang paling canggih dan kompleks dalam peramalan yaitu dengan penggunaan model ekonometrik. Model ekonometrik berhubungan dengan ukuran aktivitas penerbangan terhadap faktor ekonomi dan sosial yang berpengaruh dalam teknik peramalan masa depan. Dalam menentukan penetapan prediksi atau perkiraan peramalan pertumbuhan ini berdasarkan variabel-variabel bebas yang digunakan berhubungan dengan pertumbuhan pergerakan penumpang dan pesawat di suatu bandar udara. Ada berbagai macam teknik yang digunakan dalam ekonometrik pemodelan untuk perencanaan bandara :

1. Generasi perjalanan dan model gravitasi yang cukup umum dalam peramalan penumpang dan pesawat lalu lintas
2. Teknik analisis regresi sederhana dan ganda, baik linier atau non linier sering diterapkan untuk berbagai macam peramalan masalah untuk memastikan antara variabel terikat dengan variabel penjelas

Bentuk persamaan yang digunakan dalam regresi linier berganda analisis diberikan dalam persamaan sesuai dengan FAA :

$$Y_{est} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 \dots + a_n X_n \quad (5-1) \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana :

Y_{est} = variabel terikat atau variabel yang sedang diramalkan

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ = variabel terikat atau variabel yang digunakan untuk menjelaskan variasi dalam variabel dependen

$a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ = koefisien regresi atau konstanta digunakan untuk mengkalibrasi persamaan

Dalam hal ini, konstanta dapat ditemukan untuk menentukan persamaan umum model dengan kemungkinan yang terjadi bahwa berbagai kesalahan terkait dengan persamaan mungkin besar atau bahwa variabel penjelas yang dipilih tidak langsung menentukan variasi dalam variabel terikat.

(Sumber : Horonjeff, 2010)

2.4 Perhitungan *Peak Hour Rencana*

Perhitungan peramalan pertumbuhan data historis volume lalu lintas udara dalam bentuk tahunan, menghasilkan olahan data berupa jumlah pergerakan pesawat dan penumpang terbanyak yang dihasilkan dari volume per jam disebut dengan volume pada jam puncak. Konversi data volume tahunan menjadi volume pada jam puncak dapat dilakukan dengan beberapa tahap tertentu sesuai dengan jenis data yang dimiliki sebagai berikut :

- a. Persentase volume pergerakan bulanan maksimum tiap tahun terhadap volume pergerakan tahunan dengan mengambil persentase bulanan sebesar 85% dari persentase kumulatif data yang ada sebagai persentase bulanan maksimum rencana.

$$\text{Average monthly} = 0,08417 \times \text{Annual Passenger flow} \dots \dots \dots (2.2)$$

- b. Volume harian rata-rata (*average day*), dimana *peak month* di bagi dengan jumlah rata-rata dalam satu bulan (31 hari)
 $\text{Volume harian rata-rata} = 0,03226 \times \text{Volume bulanan maksimum} \dots \dots \dots (2.3)$

- c. Volume harian maksimum (*peak day movement*) yang merupakan besarnya volume pergerakan terbanyak dalam (satu) hari tertentu.

$$\text{Volume harian maksimum} = 1,26 \times \text{average day} \dots \dots \dots (2.4)$$

- d. Volume pada jam puncak (*peak hour*) yang merupakan pergerakan terbanyak pada jam tertentu dalam 1 jam dimana *peak hour* ini memiliki nilai pergerakan sebesar 12% - 15% dari *peak day*.

$$\text{Volume jam puncak} = 0,0917 \times \text{peak daily flow} \dots \dots \dots (2.5)$$

(Sumber : Ashford, 1989)

2.5 Bagian/Fasilitas Lapangan Terbang

2.5.1 Landas Pacu (*Runway*)

Landas pacu (*runway*) adalah jalur perkerasan yang dipergunakan oleh pesawat terbang untuk mendarat (*take off*) dan lepas landas (*landing*). Sistem landas pacu (*runway*) suatu bandar udara terdiri dari perkerasan struktur, bahu landasan (*shoulder*), bantalan hembusan (*blast pad*), dan daerah aman landas pacu (*runway end safet area*). Pada bandar udara yang harus diperhatikan adalah panjang, jumlah, lebar, jarak terhadap landas hubung (*taxiway*) dan landas parkir (*apron*), dan orientasi arah landas pacu terhadap angin.

(Sumber : Horonjeff, 2010)

2.5.1.1 Konfigurasi Landas Pacu (*Runway Configuration*)

Terdapat banyak macam konfigurasi yang dipakai bandara-bandara di dunia, tetapi semua itu pada umumnya mengacu pada beberapa bentuk dasar yaitu :

1. Landas Pacu (*Runway*) Tunggal



Gambar 2.3 Landas Pacu Tunggal (Single Runway)

(Sumber : http://virtualskies.arc.nasa.gov/airport_design/5.html, 3/12/2015)

Runway Tunggal merupakan konfigurasi yang paling sederhana. Telah diadakan perhitungan bahwa kapasitas landasan tunggal dalam kondisi Visual Flight Rule (VFR) antara 45 – 100 gerakan tiap jam, sedangkan dalam kondisi IFR (Instrument Flight Rule) kapasitas berkurang menjadi 40 – 50 gerakan. Kondisi VFR (Visual Flight Rules) adalah kondisi penerbangan dengan keadaan cuaca yang sedemikian rupa sehingga pesawat terbang dapat mempertahankan jarak pisah yang aman dengan cara-cara visual. Kondisi IFR (Instrument Flight Rules) adalah kondisi penerbangan apabila jarak penglihatan atau batas penglihatan berada dibawah yang ditentukan oleh VFR.

(Sumber : Basuki, 1986)

2. Landas Pacu (*Runway*) Paralel

Kapasitas landasan sejajar tergantung kepada jumlah landasan dan pemisahan/penjarakan antara dua landasan. Penjarakan landasan dibagi menjadi tiga :

- Berdekatan / rapat (Close)
- Menengah (Intermediate)
- Jauh / renggang (far)



Gambar 2.4 Landas Pacu Sejajar/Paralel

(Sumber : http://virtualskies.arc.nasa.gov/airport_design/5.html, 3/12/2015)

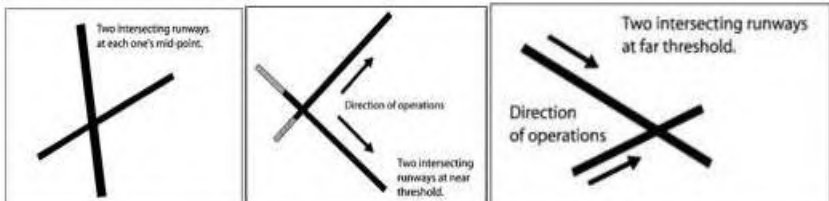
Landasan sejajar berdekatan (Close) mempunyai jarak sumbu kesumbu 100 ft = 213 M (untuk lapangan terbang pesawat transport) sampai 3500 ft = 1067 M. Landasan sejajar menengah (Intermediate) mempunyai jarak sumbu kesumbu 3500 ft = 1067 M sampai 5000 ft = 1524 M. Landasan sejajar jauh (far parallel runway) mempunyai jarak sumbu kesumbu 4300ft = 1310 M atau lebih.

Untuk runway sejajar berjarak rapat, menengah dan renggang kapasitasnya per jam dapat bervariasi di antara 100 sampai 200 operasi dalam kondisi-kondisi VFR. Dalam kondisi IFR kapasitas per jam untuk yang berjarak rapat berkisar di antara 50 sampai 60 operasi. Untuk runway sejajar yang berjarak menengah kapasitas per jam berkisar antara 60 sampai 75 operasi dan untuk yang berjarak renggang antara 100 sampai 125 operasi per jam. (Sumber : Basuki, 1986)

3. Landas Pacu (*Runway*) Berpotongan

Landasan bersilangan diperlukan jika angin yang bertiup keras lebih dari satu arah, yang akan menghasilkan tiupan angin berlebihan bila landasan mengarah ke satu mata angin. Pada suatu saat angin bertiup kencang satu arah maka hanya satu landasan dari dua landasan yang bersilangan bisa digunakan. Bila angin bertiup lemah (kurang dari 20 knots

atau 13 knots) maka kedua landasan, bisa dipakai bersama – sama.



Gambar 2.5 Landas Pacu Berpotongan

(Sumber : http://virtualskies.arc.nasa.gov/airport_design/5.html,
3/12/2015)

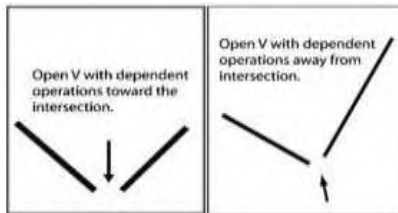
Kapasitas dua landasan yang bersilangan tergantung sepenuhnya di bagian mana landasan itu bersilangan (di tengah, di ujung), serta cara operasi penerbangan yaitu strategi dari pendaratan dan lepas landas. Kapasitas landasan ditentukan dari jarak persilangan terhadap titik awal lepas landas. Semakin dekat jarak persilangan dengan titik awal lepas landas maka semakin besar kapasitas yang dicapai.

(Sumber : Basuki, 1986)

4. Landas Pacu (*Runway*) V terbuka

Runway V terbuka merupakan runway yang arahnya memencar (divergen) tetapi tidak berpotongan. Dalam kondisi IFR, kapasitas per jam untuk strategi ini berkisar antara 50 sampai 80 operasi tergantung pada campuran pesawat terbang, dan dalam kondisi VFR antara 60 sampai 180 operasi. Apabila operasi penerbangan dilakukan menuju V kapasitasnya berkurang menjadi 50 atau 60 dalam kondisi IFR dan antara 50 sampai 100 dalam VFR. Sama halnya pada landasan bersilangan, landasan V terbuka dibentuk karena arah angin keras dari

banyak arah sehingga harus membuat landasan dengan dua arah.



Gambar 2.6 Landas Pacu V Terbuka

(Sumber : http://virtualskies.arc.nasa.gov/airport_design/5.html,
3/12/2015)

2.5.1.2 Orientasi Arah Landas Pacu

Cross-wind atau angin sisi ialah angin yang bertiup tegak lurus pesawat. Pada saat lepas landas (*take-off*) maupun landas (*landing*), pesawat hanya dapat melakukan manuver di atas landas pacu sepanjang *cross wind* tidak berlebihan dan masih dapat ditahan oleh pesawat.

Cross wind maximum adalah kecepatan angin maksimum dengan arah tegak lurus terhadap panjang pesawat yang masih dapat ditahan oleh badan pesawat. ICAO menetapkan batas *cross wind maximum* berdasarkan panjang landas pacu seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.1. ICAO menetapkan bahwa *factor* suatu landas pacu tidak boleh kurang dari 95%. Hal ini dimaksudkan distribusi pergerakan angin di suatu tempat yang akan dijadikan landas pacu harus minimal 95% bertiup ke satu arah atau wilayah yang diterima oleh pesawat. Arah inilah yang akan menjadi dasar pemilihan arah landas pacu.

(Sumber : Basuki, 1986)

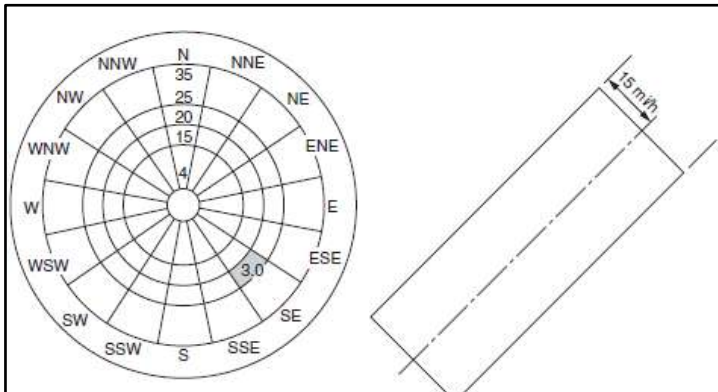
Tabel 2.1 *Maximum Permissible Cross Wind*

<i>Code Letter</i>	<i>Runway Length</i>	<i>Max Permissible Cross Wind</i>
A	$Length \geq 2100 \text{ m (7000 ft)}$	20 knots (23 mph)
B	$1500 \text{ m (5000 ft)} \leq Length \leq 2100 \text{ m (7000 ft)}$	20 knots (23 mph)
C	$900 \text{ m (3000 ft)} \leq Length \leq 1500 \text{ m (5000 ft)}$	13 knots (15 mph)
D	$750 \text{ m (2500 ft)} \leq Length \leq 900 \text{ m (3000 ft)}$	10 knots (11,5 mph)
E	$600 \text{ m (2000 ft)} \leq Length \leq 750 \text{ m (2500 ft)}$	10 knots (11,5 mph)

Sumber : ICAO, 1987

Orientasi arah runway dapat ditentukan menggunakan arah angin (*wind rose*). *Wind rose* adalah suatu gambaran banyaknya persentase angin tahunan yang melalui suatu area yang ditetapkan sebagai suatu area landas pacu.

(Sumber : Basuki, 1986)



Gambar 2.7 Koordinatsistem *Wind Rose* dan Layout
(Sumber : Horonjeff, 2010)

2.5.1.3 Lingkungan Lapangan Terbang

Dalam perhitungan landasan pacu dipakai suatu standar yang disebut *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL). Menurut ICAO, ARFL adalah landas pacu minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas pada *maximum certificated take off weight*, elevasi muka laut, kondisi standart atmosfir, keadaan tanpa ada angin bertiup, landas pacu tanpa kemiringan (kemiringan=0).

2.5.1.4 Perhitungan Panjang Landas Pacu (*Runway*) Akibat Pengaruh Kondisi Eksisting Lapangan Terbang

Berdasarkan ICAO perhitungan panjang *runway* harus mengikuti suatu standar *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL) yaitu *runway* minimum yang dibutuhkan untuk lepas landas pada maksimum *take off weight*, elevasi muka air laut, kondisi atmosfir standart, keadaan tanpa angin bertiup, *runway* tanpa kemiringan (kemiringan = 0).

(Sumber: Basuki, 1986).

2.5.1.5 Koreksi Terhadap Temperatur Lapangan Terbang

Sebagai standar temperatur di atas muka laut sebesar 59°F = 15°C. Menurut *Internasional Civil Aviation Organisation* (ICAO) panjang landasan harus terkoreksi terhadap temperatur sebesar 1%. (Sumber: Basuki, 1986).

$$F_t = 1 + 0.01 (T - (15 - 0.0065h)) \dots\dots\dots 1)$$

Dimana:

F_t = Faktor terkoreksi temperatur.

T = Temperatur di lapangan terbang.

h = Elevasi lapangan terbang.

2.5.1.6 Koreksi Terhadap Ketinggian Lapangan

Menurut ICAO, bahwa ARFL bertambah 7% setiap kenaikan 300 m (1000 ft) dari ketinggian muka laut. Maka rumus dari F_e (faktor koreksi elevasi). (Sumber: Basuki, 1986).

$$F_e = 1 + 0.07 \dots\dots\dots 2)$$

Dimana :

Fe = Faktor terkoreksi elevasi.

h = Elevasi lapangan terbang.

2.5.1.7 Koreksi Terhadap Kemiringan Landasan (*Runway Gradient*)

Perencanaan lapangan terbang, FAA memperkenalkan “Efektive Gradient” yaitu beda tinggi antara titik terendah dari penampang memanjang landasan dibagi dengan panjang landasan yang ada. Faktor koreksi kemiringan (Fs) sebesar 10% setiap kemiringan 1%. (Sumber: Basuki, 1986).

$$F_s = 1 + 0.1 S \dots\dots\dots 3)$$

Dimana :

Fs = Faktor terkoreksi kemiringan.

S = Gradien efektif.

2.5.1.8 Perencanaan Panjang Landas Pacu (*Runway*) Terkoreksi

Setelah dilakukan faktor koreksi terhadap temperatur, ketinggian, dan kemiringan lapangan terbang maka hasil dari koreksi tersebut dilakukan perhitungan dari data pesawat rencana untuk mencari panjang runway setelah dikoreksi, yaitu :

$$ARFL = \frac{Lr_0}{Fe \times Ft \times Fs} \dots\dots\dots 4)$$

Dimana :

ARFL: *Aeroplane Reference Field Length* (untuk pesawat rencana)

Lr₀ : Panjang runway terkoreksi

Fe : Koreksi ketinggian

Ft : Koreksi temperatur

Fs : Koreksi kemiringan (*gradient efektif*)

Setelah panjang runway dikonversi ke standar ARFL berdasarkan perumusan di atas, dikontrol kembali dengan *Aerodrome Reference Code* (ARC) untuk mempermudah

membaca hubungan antara beberapa spesifikasi jenis pesawat terbang dengan berbagai karakteristik bandar udara. Kontrol dengan ARC dapat dilakukan berdasarkan pada Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2*Aerodrome Reference Code*

Kode Nomor	ARFL	Kode Huruf	Lebar Rentang Sayap	Rentang Luar Roda Utama
1	$< 800 \text{ m}$	A	$< 15 \text{ m}$	$< 4,5 \text{ m}$
2	$800 \text{ m} < x \leq 1.200 \text{ m}$	B	15 m - 24 m	4,5 m - 6 m
3	$1.200 \text{ m} < x \leq 1.800 \text{ m}$	C	24 m - 36 m	6 m - 9 m
4	$> 1.800 \text{ m}$	D	36 m - 52 m	9 m - 14 m
		E	52 m - 60 m	9 m - 14 m

Sumber : Aerodrome Design Manual, Part 1 Runway, ICAO 1984)

¹Ir.Heru Basuki, Merancang, Merencana Lapangan Terbang, Alumni, Bandung,1990, hal 36

² Ibid, Hal 36

³ Ibid, Hal 37

⁴*Aeroplane Reference Field Length*

2.5.1.9 Klasifikasi Landas Pacu (*Runway Specification*)

Standar kelayakan teknis operasional fasilitas ini memiliki standart yang terkait dengan pesawat yang dilayani. Beberapa elemen dasar *runway* adalah :

- Struktur perkerasan yang mendukung untuk beban dari pesawat terbang
- Bahu Landas (*Shoulder*), terletak berbatasan dengan perkerasan struktural yang dirancang untuk menahan erosi akibat air, hembusan jet, dan menampung peralatan untuk pemeliharaan serta pengawasan dalam keadaan darurat.

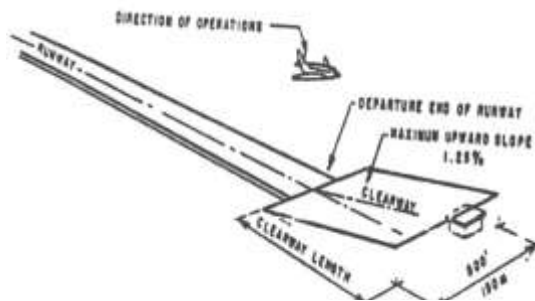
- c. Bantal hembusan (*Blast pad*), merupakan suatu area yang dirancang untuk mencegah erosi permukaan yang berdekatan dengan ujung (sebelum dan setelah) landasan pacu yang mana selalu menerima hembusan jet secara terus menerus.

Tabel 2.3 Dimensi *Blast pad*

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Lebar <i>Stopways</i> (m)	Panjang <i>Stopways</i> (m)	Kemiringan <i>Stopways</i> (%)/(m)
A	I	18	30	
B	II	23	30	
C	III	30	60	0,3 per 30
D	IV	30	60	0,3 per 30
E	V	45	60	0,3 per 30
F	VI	45	60	0,3 per 30

(Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005)

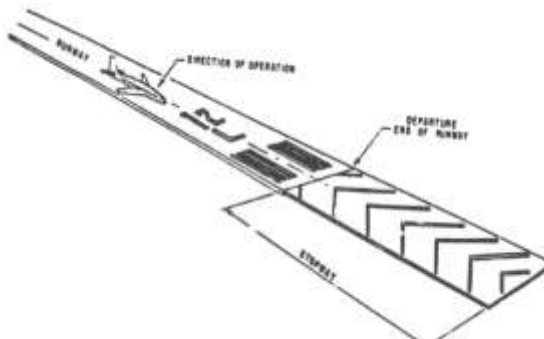
- d. *Overrun* meliputi *Clearway* dan *Stopway*.
- *Clearway*, merupakan daerah bebas pandang diluar blastpad yang berfungsi untuk melindungi pesawat ketika kecepatan pesawat melebihi normal pada saat melakukan take off maupun landing. Kemiringan dari clearway tidak boleh lebih dari 1¼%.



Gambar 2.8 Kemiringan *clearway*

(Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005)

- *Stopway*, merupakan suatu area yang terletak di akhir landas pacu yang digunakan sebagai tempat berhenti pesawat ketika ada pembatalan *take off*. Lebar *stopway* sama dengan lebar *runway*. Syarat kemiringan memanjang dan melintang adalah seperti *runway*, kecuali beberapa syarat berikut :
 - Kekuatan permukaan harus mampu memikul beban pesawat yang direncanakan dalam keadaan *Take off* dibatalkan tanpa merusak struktur pesawat
 - Harus mempunyai koefisien gesekan yang cukup, dalam keadaan basah. Kekasaran untuk permukaan yang tidak diperkeras sama dengan kekasaran landasannya
 - Jari – jari peralihan *runway*, jalur untuk berhenti maksimum 0,3 % tiap 30 m untuk penggolongan pesawat III, IV, V dan VI.



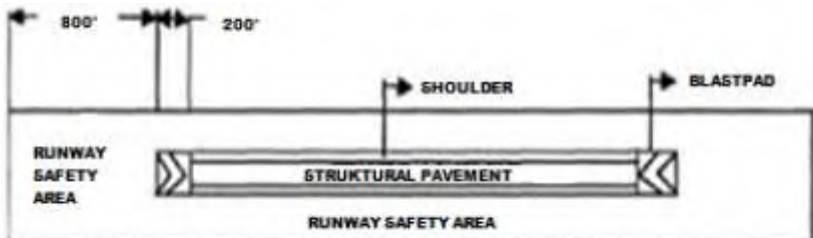
Gambar 2.9 Penampang *stopway/overrun*
(Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005)

- e. Daerah keamanan landasan (*runway safety area-RESA*) , merupakan daerah aman *runway* karena harus mampu menahan pesawat dalam keadaan darurat seperti kebakaran, tumbukan, dan sebagai tempat penyelamat apabila pesawat berada dibawah kondisi normal karena itu harus disediakan peralatan pemeliharaan yang mendukung.

Tabel 2.4 Dimensi *runway safety area (RESA)*

Uraian	Kode Huruf / Golongan Pesawat					
	A/I	B/II	C/III	D/IV	E/V	F/VI
Jarak minimum antara holding bay dengan garis tengah landasan						
a. Landasan instrumen (m)	90	90	90	90	90	90
b. Landasan non-instrumen (m)	60	60	90	90	90	90
Lebar minimum (m) atau (2 kali lebar runway)	18	23	30	45	45	60
kemiringan memanjang maksimum (%)	5	5	5	5	5	5
kemiringan melintang maksimum (%)	5	5	5	5	5	5

(Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005)

**Gambar 2.10** Tampang atas Landasan

(Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005)

2.5.1.10 Lebar, Kemiringan, dan Jarak Pandang Landas Pacu (*Runway*)

a. Lebar runway

Persyaratan menurut ICAO, lebar perkerasan struktural landasan, tidak boleh kurang dari yang tercantum pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Lebar Runway

Kode Angka	Kode Huruf				
	A	B	C	D	E
1a	18 m	18 m	23 m	-	-
2a	23 m	23 m	30 m	-	-
3	30 m	30 m	30 m	45 m	-
4	-	-	45 m	45 m	45 m

a = lebar landasan presisi harus tidak kurang dari 30 m untuk kode angka 1 atau 2

catatan : apabila landasan dilengkapi dengan bahu landasan lebar total landasan dan bahu landasannya paling kurang 60 m.

(Sumber : Basuki, 1986)

b. Kemiringan runway

Kemiringan memanjang landasan (*Longitudinal Slope*) adalah kemiringan memanjang yang didapatkan dari hasil pembagian antara ketinggian maksimum dan minimum garis tengah sepanjang landas pacu.

Tabel 2.6 Kemiringan *Longitudinal slope*

	KODE ANGKA LANDASAN			
	4	3	2	1
Max. Effective Slope	1.0	1.0	1.0	1.0
Max. Longitudinal Slope	1.25	1.5	2.0	2.0
Max. Longitudinal Slope Change	1.5	1.5	2.0	2.0
Slope Change per 30 m (100 feet)	0.1	0.2	0.4	0.4

Catatan :

- ✓ Semua kemiringan diberikan dalam prosen.
- ✓ Untuk landasan dengan kode angka 4, kemiringan memanjang pada seperempat pertama dan perempat terakhir dari panjang landasan tidak boleh lebih 0,8%.
- ✓ Untuk landasan dengan kode angka 3, kemiringan memanjang pada perempat pertama dan terakhir, dari panjang landasan bagi landasan precision approach category II dan III tidak boleh lebih 0,8%.

(Sumber : Basuki, 1986)

Sedangkan untuk kemiringan melintang (*Transversal*), agar menjamin pengaliran air permukaan yang berada di atas landasan perlu kemiringan melintang pada landasan sebagai berikut :

- 1,5 % pada landasan dengan kode huruf C,D atau E.
- 2 % pada landasan dengan kode huruf A atau B.

c. Panjang, lebar, kemiringan, dan perataan strip landasan
ICAO telah membuat peraturan untuk strip landasan, seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.7 Panjang, Lebar, Kemiringan, Dan Perataan Strip Landasan

Kriteria	Kode Angka Landasan			
	4	3	2	1
Jarak min. Dari ujung landasan atau <i>stopway</i>	60 m (200ft)	60 m (200ft)	60 m (200ft)	lihat catatan a
lebar strip landasan untuk landasan instrumen	300 m (1000ft)	300 m (1000ft)	150 m (500ft)	150 m (500ft)
lebar strip landasan untuk landasan non instrumen	150 m (500ft)	150 m (500ft)	80 m (250ft)	60 m (200ft)
lebar area yang diratakan untuk landasan instrumen	150 m (500ft)	150 m (500ft)	80 m (250ft)	60 m (200ft)
kemiringan memanjang maks. Untuk area yang diratakan (%)	1,5	1,75	2	2
kemiringan transversal maks. Untuk area yang diratakan (%) (lihat catatan b dan c)	2,5	2,5	5	3

- Catatan :
- 60 m bila landasan berinstrument; 30 m bila landasan tidak berinstrumen
- Kemiringan transversal pada tiap bagian dari strip di luar diratakan kemiringannya tidak boleh lebih dari 5 %
- Untuk membuat saluran air, kemiringan 3m pertama arah ke luar landasan, bahu landasan, *stopway* harus sebesar 5 %.

(*Sumber: Basuki, 1986*)

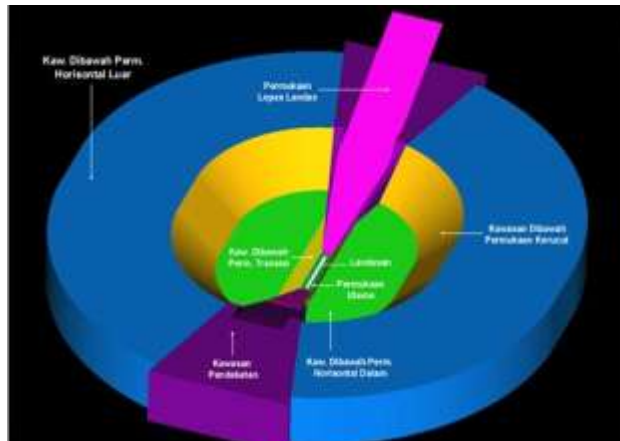
2.5.2 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Berdasarkan Keputusan Menteri Perhubungan No. 44 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7112-2005 mengenai Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan disebutkan bahwa Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan adalah wilayah daratan dan/atau perairan dan ruang udara di sekitar bandar udara yang dipergunakan untuk kegiatan operasi penerbangan dalam rangka menjamin keselamatan penerbangan. Wilayah yang diliputi sebagai KKOP terdiri atas beberapa kawasan, yaitu :

1. Kawasan pendekatan dan lepas landas
2. Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan
3. Kawasan di bawah permukaan horizontal dalam
4. Kawasan di bawah permukaan horizontal luar
5. Kawasan di bawah permukaan kerucut
6. Kawasan di bawah permukaan transisi

Kelengkapan alat-alat bantu navigasi penerbangan yang terdapat di kawasan penempatan fasilitas navigasi penerbangan, antara lain :

1. *Non Directional Beacon* (NDB)
2. *Dropller Very High Frequency Directional Omni Range* (DVOR) atau *Distant Measuring Equipment* (DME)
3. *Instrument Landing System* (*Localizer, Glide Path, Middle Marker, Outer Marker*)
4. Radar



Gambar 2.11 Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan
(Sumber : <http://gloopic.net/article/kawasan-keselamatan-operasi-penerbangan-kkop>, 28/11/2015)

KKOP di wilayah sekitar bandar udara di tentukan berdasarkan klasifikasi landas pacu yang terdapat pada bandar udara. Berdasarkan kelengkapan alat bantu navigasi penerbangan, landas pacu diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. *Instrument Precision (IP)*
Merupakan landas pacu yang dilengkapi dengan alat bantu pendaratan *Instrument Landing System (ILS)* dan alat bantu pendaratan visual.
- b. *Instrument Non Precision (INP)*
Merupakan landas pacu yang dilengkapi dengan alat bantu navigasi penerbangan *Droptler Very High Frequency Directional Omni Range (DVOR)* dan alat bantu pendaratan visual.
- c. *Non Instrument (NI)*
Merupakan landas pacu yang dilengkapi dengan alat bantu navigasi penerbangan *Non Directional Beacon (NDB)*

Penetapan KKOP di bandar udara dan sekitarnya dilakukan dengan ketentuan teknis yang berdasarkan klasifikasi landasannya, seperti yang tertuang pada tabel 2.8 dan tabel 2.9 berikut :

Tabel 2.8 Dimensi dan Kemiringan dari Batasan Permukaan *Obstacle Approach Runways*

OLS & Dimensions (in meters and percentages)	Runway Classification									
	Non – Instrument				Instrument				Precision	
	Code No.				Code No				I Code No	II-III Code No
	1*	2	3	4	1,2	3	4	1,2	3,4	3,4
OUTER HORIZONTAL										
Height (m)									150	150
Radius (m)									15000	15000
CONICAL										
Slope	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
Height (m)	35	55	75	100	60	75	100	60	100	100
INNER HORIZONTAL										
Height (m)	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Radius (m)	2000	2500	4000	4000	3500	4000	4000	3500	4000	4000
APPROACH										
Length of inner edge (m)	60	80	159	150	90	150	300	150	300	300
Distance from threshold (m)	30	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Divergence each side	10%	10%	10%	10%	15%	15%	15%	15%	15%	15%
First section length (m)	1600	2500	3000	3000	2500	3000	3000	3000	3000	3000
Slope	5%	4%	3,33%	2,5%	3,33%	3,33%	2%	2,5%	2%	2%
Second section length (m)	-	-	-	-	-	3600	3600	12000	3600	3600
Slope	-	-	-	-	-	2,5%	2,5%	3%	2,5%	2,5%
Horizontal section length (m)	-	-	-	-	-	8400	8400	-	8400	8400
Total length (m)	1600	2500	3000	3000	2500	15000	15000	15000	15000	15000
INNER APPROACH										
Width (m)								90	120	120
Distance from threshold (m)								60	60	60
Length (m)								900	900	900
Slope								2,5%	2%	2%
TRANSITIONAL										
Slope	20%	20%	14,3%	4,3%	20%	4,3%	14,3%	14,3%	14,3%	14,3%
INNER TRANSITIONAL										
Slope								40%	33,3%	33,3%
BALKED LANDING										
Length of inner edge (m)								90	120	120
Distance from threshold (m)									1800	1800
Divergence each side								10%	10%	10%
Slope								4%	3,3%	3,3%

(Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005)

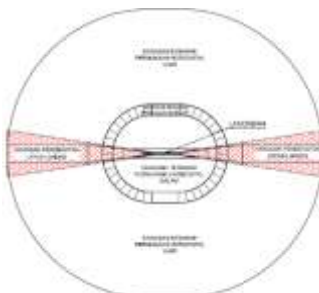
Tabel 2.9 Dimensi dan Kemiringan Dari Batasan Permukaan Obstacle – *Takeoff Runways*

Take-off climb surface – Dimensions (in metres and percentages)	Take-off Runways Code Number		
	1	2	3 or 4
Length of inner edge	60	80	180 b
Minimum distance of inner Edge from runway end	30	60	60
Rate of divergence (each side)	10%	10%	12.5%
Final width	380	580	1800
Overall length	1600	2500	15000

(Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005)

2.5.2.1. Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas

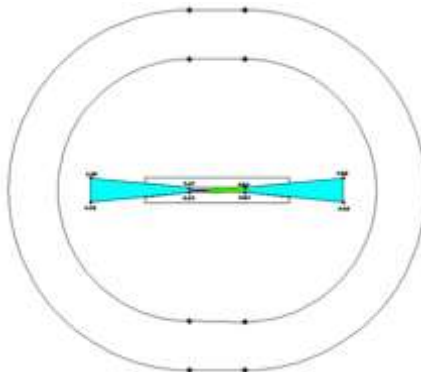
Kawasan ini dibatasi oleh tepi tepi dalam yang berhimpit dengan ujung-ujung permukaan utama berjarak 60 meter dari ujung landas pacu dengan lebar tertentu (sesuai klasifikasi landas pacu) pada bagian dalam, kawasan ini melebar ke arah luar secara teratur dengan sudut pelebaran 10% atau 15% (sesuai klasifikasi landas pacu) serta garis tengah bidangnya merupakan perpanjangan dari garis tengah landasan dengan jarak mendatar tertentu dan akhir kawasan dengan lebar tertentu.



Gambar 2.12 Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2005)

2.5.2.2. Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan

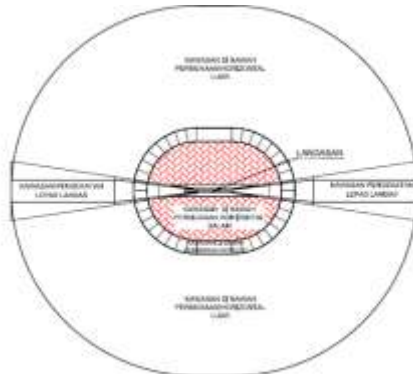
Kawasan kemungkinan bahaya kecelakaan dibatasi oleh tepi dalam yang berimpit dengan ujung-ujung permukaan utama dengan lebar tertentu (sesuai dengan klasifikasi landas pacu). Kawasan ini meluas keluar secara teratur dengan garis tengahnya merupakan perpanjangan dari garis tengah landasan sampai lebar tertentu (sesuai dengan klasifikasi landas pacu) dan jarak mendarat 3000 meter dari ujung permukaan utama.



Gambar 2.13Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2005)

2.5.2.3. Kawasan Dibawah Permukaan Horizontal Dalam

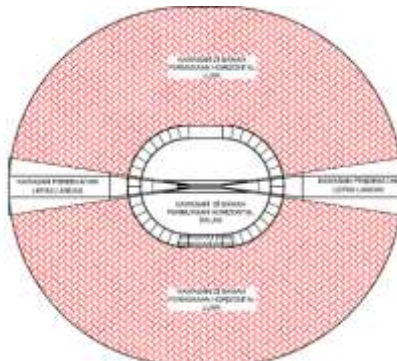
Kawasan ini adalah bidang datar di atas dan di sekitar bandar udara yang dibatasi oleh lingkaran dengan radius tertentu sesuai klasifikasi landas pacu dari titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan, tetapi kawasan ini tidak termasuk kawasan di bawah permukaan transisi.



Gambar 2.14Kawasan Dibawah Permukaan Horizontal Dalam
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2005)

2.5.2.4. Kawasan Dibawah Permukaan Horizontal Luar

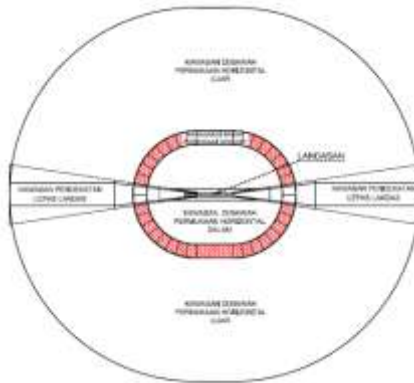
Kawasan ini adalah bidang datar di sekitar bandar udara yang dibatasi oleh lingkaran dengan radius 15.000 meter dari titik tengah tiap ujung permukaan utama dan menarik garis singgung pada kedua lingkaran yang berdekatan tetapi kawasan ini tidak termasuk kawasan di bawah permukaan transisi, kawasan di bawah permukaan horizontal dalam, kawasan di bawah permukaan kerucut.



Gambar 2.15Kawasan Dibawah Permukaan Horizontal Luar
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2005)

2.5.2.5. Kawasan Dibawah Permukaan Kerucut

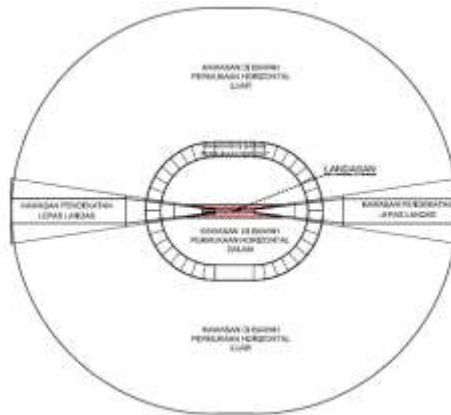
Kawasan ini adalah bidang dari suatu kerucut yang bagian bawahnya dibatasi oleh tepi luar kawasan dibawah permukaan horizontal dalam meluas dengan jarak mendatar tertentu (sesuai klasifikasi landasan) dengan kemiringan tertentu (sesuai klasifikasi landas pacu).



Gambar 2.16 Kawasan Dibawah Permukaan Kerucut
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2005)

2.5.2.6. Kawasan Dibawah Permukaan Transisi

Kawasan ini adalah bidang dengan kemiringan tertentu sejajar dengan dan berjarak tertentu dari sumbu landas pacu, pada bagian bawah dibatasi oleh titik perpotongan dengan garis-garis datar yang ditarik tegak lurus pada sumbu landas pacu dan pada bagian atas dibatasi oleh garis perpotongan dengan permukaan horizontal dalam. Serta kawasan ini dibatasi oleh tepi dalam yang berimpitan dengan sisi panjang permukaan utama dan sisi permukaan pendekatan. Kawasan ini meluas keluar sampai jarak mendatar tertentu sesuai klasifikasi landas pacu.



Gambar 2.17 Kawasan Dibawah Permukaan Transisi
(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2005)

2.5.2.7. Batas-Batas Ketinggian Pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan

Penetapan batas-batas ketinggian pada kawasan keselamatan operasi penerbangan di bandar udara dan sekitarnya dilakukan dengan ketentuan teknis sebagai berikut :

- a. Pada Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas, Batas-batas ini ditentukan oleh ketinggian terendah dari pertampalan (*superimpose*) permukaan pendekatan dan lepas landas, permukaan horizontal dalam, permukaan kerucut, dan permukaan horizontal luar pada kawasan keselamatan penerbangan.
- b. Pada Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan, Batas-batas ini ditentukan oleh kemiringan 2% atau 2,5% atau 3,33% atau 4% atau 5% sesuai klasifikasi-klasifikasi landas pacu arah ke atas dan keluar dimulai dari ujung permukaan utama pada ketinggian masing-masing ambang landas pacu sampai dengan ketinggian $(45+H)$ meter di atas elevasi ambang landas pacu terendah sepanjang jarak mendatar 3000 meter dari permukaan utama melalui perpanjangan garis tengah landas pacu.

- c. Pada Kawasan Dibawah Permukaan Horizontal Dalam, Batas-batas ini ditentukan $(45+H)$ meter di atas elevasi ambang landas pacu terendah.
- d. Pada Kawasan Dibawah Permukaan Horizontal Luar, Batas-batas ini ditentukan $(150+H)$ meter di atas elevasi ambang landas pacu terendah.
- e. Pada Kawasan Dibawah Permukaan Kerucut, Batas-batas ini ditentukan oleh kemiringan 5% arah ke atas dan ke luar, dimulai dari tepi luar kawasan di bawah permukaan horizontal dalam pada ketinggian $(45+H)$ meter di atas elevasi ambang landas pacu terendah sampai ketinggian $(80+H)$ meter atau $(100+H)$ meter atau $(120+H)$ meter atau $(145+H)$ meter (sesuai klasifikasi landas pacu).
- f. Pada Kawasan Dibawah Permukaan Transisi, Batas-batas ini ditentukan oleh kemiringan 14,3% atau 20% (sesuai klasifikasi landas pacu) arah ke atas dan keluar, dimulai dari sisi panjang dan pada ketinggian yang sama seperti permukaan utama dan permukaan pendekatan menerus sampai memotong permukaan horizontal dalam pada ketinggian $(45+H)$ meter di atas elevasi ambang landas pacu terendah.

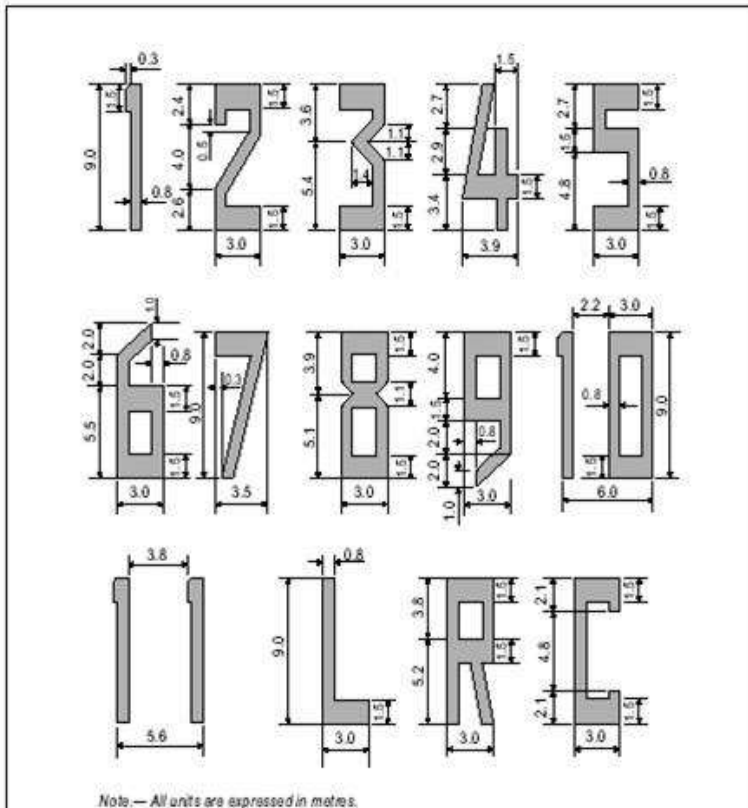
2.5.3 Marka di Landasan Pacu (*Runway*)

Marka pada daerah pergerakan pesawat udara di bandara merupakan tanda / petunjuk yang digambarkan pada daerah pergerakan pesawat udara. *Marking* ini hanya berguna pada siang hari saja, sedangkan malam hari fungsi marking digantikan oleh sistem perlampuan. Beberapa tipe *marking* sebagai alat bantu navigasi pendaratan sebagai berikut :

➤ **Nomor Landasan (*Runway designation marking*)**

Berada di ujung landasan sebagai nomor pengenalan landasan itu, terdiri dari dua angka, pada landasan sejajar harus dilengkapi dengan huruf L atau R atau C. Dua angka tersebut merupakan angka persepuluhan terdekat dari utara magnetis dipandang dari arah *approach*, ketika pesawat akan mendarat.

Misal landasan dengan azimuth magnetis 82 maka nomor landasan adalah 08, azimuth magnetis 86 nomor landasan 09. Nomor landasan ini ditempatkan berlawanan dengan azimuthnya.



Gambar 2.18 Ukuran-ukuran dan bentuk angka untuk marking nomor landasan
(Sumber : Basuki, 1986)

Dua landasan sejajar diberi nomor landasan 09-27 dilengkapi dengan huruf L (*Left*) atau R (*Right*). Tiga landasan sejajar yang tengah ditambahi huruf C (*Central*). Empat landasan

sejajar disamping diberi tambahan huruf sepasang landasan sejajar digeser satu nomor. Misal pasangan 09-27 dengan 08-28, walaupun arahnya 09-27.

➤ **Marking Sumbu Landasan**

Ditempatkan sepanjang sumbu landasan berawal dan berakhir pada nomor landasan, kecuali pada landasan yang bersilangan. Panjang *strip* bersama gapnya tidak boleh kurang dari 50 m, tak boleh lebih dari 75 m. Panjang *strip* sama dengan panjang *gap* atau 30 m mana yang terbesar. Garis pertama berjarak 12 m dari nomor landasan. Lebar *marking runway centreline* harus :

- 0.3 m untuk semua *runway* non instrumen dan pendekatan *runway* instrumen non-presisi kode adalah 1 atau 2;
- 0.45 m untuk pendekatan *runway* instrumen non-presisi kode 3 atau 4, kategori I untuk pendekatan runway presisi
- 0.9 m untuk kategori II dan III pendekatan *runway* presisi.

➤ **Marking Threshold**

Terletak di ujung landasan, sejauh 6 m dari awal landasan membujur landasan, panjang paling kurang 30 m, lebar 1.8 m, dengan jarak antar stripe 1.8 m. dan jarak (celah) kedua sisi stripe antara 2,5 meter – 3,6 meter. Serta jarak tepi luar stripe terhadap tepi dalam *runway side strip marking* min. 0,20 meter. Banyaknya *strip* tergantung lebar landasan.

Tabel 2.10 Jumlah Strip Tanda Threshold

Lebar Landasan	Jumlah <i>strip</i>	Banyaknya celah	f (m)	
			e min	e max
18 m	4	2	1,85	1,35
23 m	6	4	0,75	0,25
30 m	8	6	0,5	-
45 m	12	10	0,5	-
60 m	16	14	0,8	0,3

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2005)

➤ **Marking Untuk Jarak-jarak Tetap (*Fixed Distance Marking*)**

Berbentuk empat persegi panjang, berwarna menyolok biasanya oranye. Ukurannya panjang 45 m – 60 m, lebar 6 m – 10 m terletak simetris kanan kiri sumbu landasan, marking ini yang terujung berjarak 300m dari *threshold*.

➤ **Marking Touchdown Zone**

Dipasang pada landasan dengan *approach* presisi, tapi bisa juga dipasang pada landasan non presisi atau landasan non instrumen, yang lebar landasannya lebihdari 23 m. Terdiri dari pasangan-pasangan berbentuk segi empat di kanan kiri sumbu landasan lebar 3 m dan panjang 22.5 m untuk *strip* tunggal, untuk strip ganda ukuran 22.5 x 1.8 m dengan jarak 1.5 m. Jarak satu sama lain 150 m diawali dari *threshold*, banyaknya pasangan tergantung panjang landasan.

Tabel 2.11 Jumlah Pasangan Tanda *Touchdown Zone*

Panjang Landasan	Jumlah Pasangan	Jumlah Garis
< 900 m	1	1
900 - 1200 m	2	2,1
1200 - 1500 m	3	2,1,1
1500 - 2100 m	4	2,2,1,1
> 2100 m	6	3,3,2,2,1,1

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2005)

➤ **Marking Tepi Landasan**

Merupakan garis lurus berwarna putih di tepi landasan, memanjang sepanjang landasan dengan lebar strip 0.9 m, bagi landasan yang lebarnya lebih dari 30 m atau lebar strip 0.45 m bagi landasan kurang dari 30 m. Berfungsi sebagai batas tepi landasan.

➤ **Runway End Markings**

Garis ujung pada *runway*, dengan lebar garis 1.8 m dan panjang penuh pada lebar *runway*.

2.5.4 Landas Hubung (Taxiway)

Fungsi dasar dari *taxiway* adalah untuk menyediakan akses *antar runway* dan daerah terminal juga service hangar. *Taxiway* harus dirancang dengan baik sehingga pesawat yang baru saja mendarat tidak terganggu oleh pesawat yang bergerak untuk *takeoff*. Rute *taxiway* harus diseleksi sehingga menghasilkan jarak terpendek yang masih mungkin dari daerah terminal ke ujung *runway* yang digunakan untuk *takeoff*.

2.5.4.1. Persyaratan Landas Hubung/Jalur Penghubung

Jarak yang diperlukan antara *taxiway* / *taxilane* tengah dan benda-benda lainnya berdasarkan izin ujung sayap yang diperlukan, yang merupakan fungsi dari lebar sayap, dan dengan demikian ditentukan oleh ADG. Berikut persyaratannya dari fungsi TDG yang berubah :

a. Pemisah Taxiway

1. *Taxiway* untuk *taxiway* pemisahan tengah, seperti yang ditunjukkan Tabel 4-1, sama dengan 1,2 kali lebar sayap maksimum dari ADG ditambah 10 kaki (3 m). Hal ini memberikan clearance ujung sayap dari 0,2 kali lebar sayap ditambah 10 kaki (3 m). Untuk *taxiway* dibangun untuk ADG yang berbeda, menggunakan clearance ujung sayap yang dibutuhkan oleh tinggi ADG. Namun, pemisahan ini mungkin perlu ditingkatkan berdasarkan TDG, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4-2. Radius minimum untuk mencegah berlebihan menggosok ban adalah salah satu yang menghasilkan sudut maksimum *nosewheel steering* (B) dari 50 derajat.
2. *Taxiway* tengah keberatan pemisahan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4-1, sama dengan 0,7 kali lebar sayap maksimum ADG, ditambah 10 kaki (3 m), sehingga clearance ujung sayap yang sama seperti disebutkan di atas .

3. Taxilane Sejajar dengan taxilane pemisahan centerline sama dengan 1,1 kali lebar sayap maksimum ADG ditambah 10 kaki (3 m). Hal ini memberikan clearance ujung sayap 0,1 kali lebar sayap ditambah 10 kaki (3 m). Clearance berkurang diterima karena kecepatan taksi sangat lambat luar area pergerakan, taxi adalah teknik bimbingan Operator tepat dan khusus dan perangkat yang biasanya hadir.

Berikut merupakan tabel 2.12 dan tabel 2.13 yang digunakan sebagai acuan standar desain

Tabel 2.12 Standar Desain Berdasarkan Airplane Desain Group (ADG)

ITEM	DIM (See Figure 3-26)	ADG					
		I	II	III	IV	V	VI
TAXIWAY PROTECTION							
TSA	E	49 ft (15 m)	79 ft (24 m)	118 ft (36 m)	171 ft (52 m)	214 ft (65 m)	262 ft (80 m)
Taxiway OFA		89 ft (27 m)	131 ft (40 m)	186 ft (57 m)	259 ft (79 m)	320 ft (98 m)	386 ft (118 m)
Taxilane OFA		79 ft (24 m)	115 ft (35 m)	162 ft (49 m)	225 ft (69 m)	276 ft (84 m)	334 ft (102 m)
TAXIWAY SEPARATION							
Taxiway Centerline to Parallel Taxiway/Taxilane Centerline ¹	J	70 ft (21 m)	105 ft (32 m)	152 ft (46.5 m)	215 ft (65.5 m)	267 ft (81 m)	324 ft (99 m)
Taxiway Centerline to Fixed or Movable Object	K	44.5 ft (13.5 m)	65.5 ft (20 m)	93 ft (28.5 m)	129.5 ft (39.5 m)	160 ft (48.5 m)	193 ft (59 m)
Taxilane Centerline to Parallel Taxilane Centerline ¹		64 ft (19.5 m)	97 ft (29.5 m)	140 ft (42.5 m)	198 ft (60 m)	245 ft (74.5 m)	298 ft (91 m)
Taxilane Centerline to Fixed or Movable Object		39.5 ft (12 m)	57.5 ft (17.5 m)	81 ft (24.5 m)	112.5 ft (34 m)	138 ft (42 m)	167 ft (51 m)
WINGTIP CLEARANCE							
Taxiway Wingtip Clearance		20 ft (6 m)	26 ft (8 m)	34 ft (10.5 m)	44 ft (13.5 m)	53 ft (16 m)	62 ft (19 m)
Taxilane Wingtip Clearance		15 ft (4.5 m)	18 ft (5.5 m)	27 ft (6.5 m)	27 ft (8 m)	31 ft (9.5 m)	36 ft (11 m)

Note: 1. These values are based on wingtip clearances. If direction reversal between parallel taxiways is needed, use this dimension or the dimension specified in Table 4-14 or Table 4-15, whichever is largest.

(Sumber: FAA, 2012)

Tabel 2.13 Standar Desain Berdasarkan Taxiway Design Group (TDG)

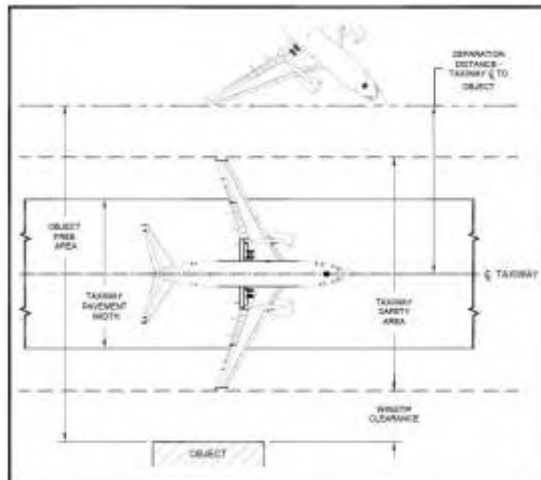
ITEM	DIM (See Figure 4-6)	TDG							
		1A	1B	2	3	4	5	6	7
Taxiway Width	W	25 ft (7.5 m)	25 ft (7.5 m)	35 ft (10.5 m)	50 ft (15 m)	50 ft (15 m)	75 ft (23 m)	75 ft (23 m)	82 ft (25 m)
Taxiway Edge Safety Margin	TESM	5 ft (1.5 m)	5 ft (1.5 m)	7.5 ft (2 m)	10 ft (3 m)	10 ft (3 m)	15 ft (4.6 m)	15 ft (4.6 m)	15 ft (4.6 m)
Taxiway Shoulder Width		10 ft (3 m)	10 ft (3 m)	15 ft (3 m)	20 ft (6 m)	20 ft (6 m)	30 ft (9 m)	30 ft (9 m)	40 ft (12 m)
Taxiway/Taxilane Centerline to Parallel Taxiway/Taxilane Centerline w/ 180 Degree Turn	J	See Table 4-14							
TAXIWAY FILLET DIMENSIONS		Table 4-3	Table 4-4	Table 4-5	Table 4-6	Table 4-7	Table 4-8	Table 4-9	Table 4-10

(Sumber: FAA, 2012)

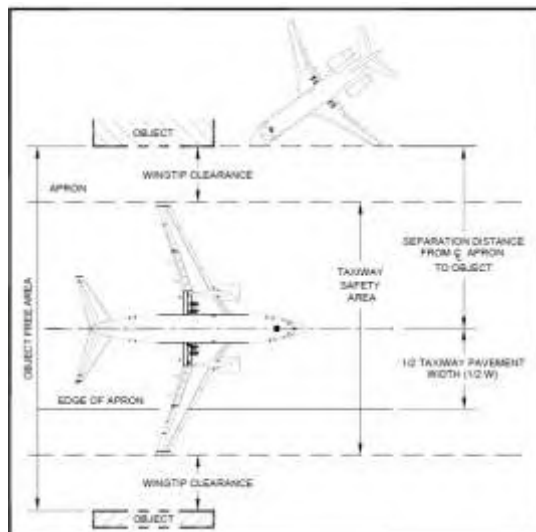
- Taxilane tengah ke objek pemisah, sama dengan 0,6 kali lebar sayap maksimum ADG ditambah 10 kaki (3 m), sehingga clearance ujung sayap yang sama disebutkan di atas.
- Taxiway Paralel / taxilanes untuk ADGs berbeda. Untuk taxiway paralel / taxilanes melayani ADGs berbeda, lebar OFA ditentukan dengan menentukan dimensi OFA untuk setiap taxiway / taxilane secara terpisah, dengan izin ujung sayap antara mereka didasarkan pada ADG yang lebih besar atau menggunakan lebih tinggi (taxiway vs taxilane).

b. Taxiway and Taxilane Object Free Area (TOFA)

Berpusat pada taxiway dan taxilane tengah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.19 dan 2.20



Gambar 2.19 Izin Ujung Sayap dari Taxiway
(Sumber: FAA, 2012)



Gambar 2.20 Izin Ujung Sayap dari Taxiway Apron
(Sumber: FAA, 2012)

1. Taxiway dan taxilane OFA standar kliring melarang layanan jalan kendaraan, pesawat diparkir, dan benda-benda lainnya, kecuali untuk objek yang perlu berada di OFA untuk navigasi udara atau darat pesawat manuver tujuan. Kendaraan dapat beroperasi dalam OFA asalkan mereka memberikan hak jalan untuk pesawat melaju dengan baik menjaga jarak yang aman depan atau di belakang pesawat atau dengan keluar dari OFA untuk membiarkan pesawat melintas. Diperlukan suatu ketetapan untuk menentukan dimensi standar pada tabel 4.1
2. Lebar OFA harus ditingkatkan di persimpangan dan bergantian. standar OFA harus dipenuhi untuk jarak $[(0,7 \times WS) - (0,5 \times W) + 10]$ kaki dari tepi taxiway / taxilane, berdasarkan desain fillet standar, di mana WS adalah lebar sayap maksimum dari ADG dan W adalah lebar taxiway

c. Taxiway/Taxilane Safety Area (TSA)

TSA berpusat pada tengah taxiway / taxilane. Untuk memberikan ruang untuk operasi penyelamatan dan pemadam kebakaran, TSA lebar sama dengan lebar sayap maksimum dari ADG. Tabel 4-1 menyajikan standar TSA dimensi. Lebar TSA harus ditingkatkan di persimpangan dan di mana taxiway melengkung atau taxilane tengah marka, reflektor, atau pencahayaan yang disediakan. Standar TSA harus dipenuhi untuk jarak $[(0,5 \times WS) - (0,5 \times W)]$ kaki dari tepi taxiway / taxilane, berdasarkan desain fillet standar, di mana WS adalah lebar sayap maksimum ADG dan W adalah lebar taxiway.

d. Standar Desain

Taxiway Safety Area harus

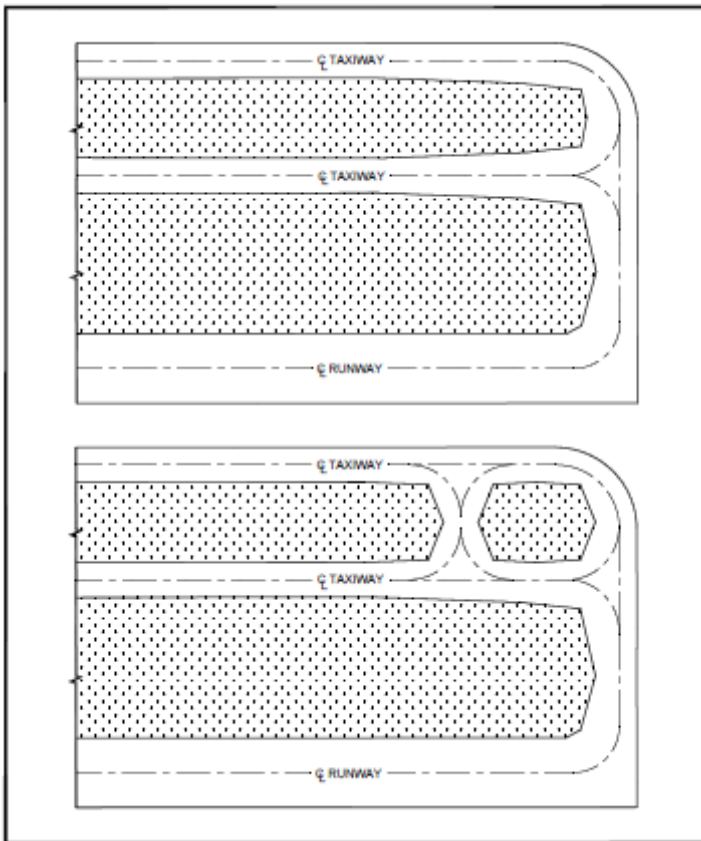
1. dibersihkan dan dinilai dan tidak berpotensi berbahaya bekas roda, gundukan-gundukan, depresi, atau variasi permukaan lainnya;
2. dikeringkan dengan kadar atau badai selokan untuk mencegah akumulasi airmampu, dalam kondisi kering, mendukung penghapusan peralatan salju, Pesawat Rescue

and Fire Fighting (ARFF) peralatan, dan bagian sesekali pesawat tanpa menyebabkan kerusakan struktural pada pesawat; dan

3. bebas dari benda-benda, kecuali untuk objek yang perlu berada di TSA karena fungsi mereka. Objek lebih tinggi dari 3 inci (76 mm) di atas kelas harus dibangun di Impact Low Tahan (LIR) mendukung (struktur patah dipasang) dari ketinggian praktis terendah dengan titik patah tidak lebih tinggi dari 3 inci (76 mm) di atas kelas yang berdekatan dengan setiap yayasan. benda-benda lain, seperti manholes, harus dibangun di kelas. Dalam hal apapun tidak tinggi badan mereka melebihi 3 inci (76 mm) di atas kelas

2.5.4.2. Landas Hubung Paralel

Sebuah taxiway paralel menghilangkan penggunaan landasan pacu untuk taxi, sehingga meningkatkan kapasitas dan melindungi landasan pacu dalam kondisi visibilitas rendah.. Untuk mengakomodasi lalu lintas kepadatan tinggi, bandara perencanaan harus mempertimbangkan beberapa jalur akses ke landasan pacu melalui penggunaan beberapa taxiway paralel. Berikut merupakan gambar landas hubung paralel.



Gambar 2.21 Landas Hubung Paralel
(Sumber: FAA, 2012)

2.5.4.3. Curve and Intersections (Kurva dan Persimpangan)

a. Cockpit over centerline

Kurva dan persimpangan harus dirancang melebihi garis tengah dalam mengemudikan pesawat. Persimpangan taxiway digunakan dalam mengemudikan guna memungkinkan gerakan cepat lalu lintas pesawat dengan resiko minimal terhadap permukaan perkerasan yang dilewatinya.

b. Desain Fillet

1. Trotoar di persimpangan taxiway dirancang untuk seluruh operator TDG dan harus mengakomodasi semua pesawat dari semua TDGs yang lebih rendah. Untuk persimpangan taxiway dirancang dengan sudut standar 30, 45, 60, 90, 120, 135, dan 150 derajat. Desain juga berlaku untuk persimpangan taxiway-apron. Rencana persimpangan taxiway memerlukan pergantian tidak lebih dari 90 derajat bila memungkinkan. sudut tumpul ternyata memerlukan fillet yang jauh lebih besar untuk mengakomodasi gigi utama.
2. Gerakan modeling pesawat, dimana dalam hal ini tidak akan selalu layak dalam merancang persimpangan taxiway dengan menggunakan sudut standar.

c. Three Node Concept

Semua persimpangan taxiway baru dan persimpangan yang ada dibangun sesuai dengan prinsip desain tiga-node. Jika prinsip ini dijadikan acuan perencanaan, maka akan mengurangi jumlah taxiway yang berpotongan dalam 1 lokasi.

Tabel 2.14 Standar Rincian Persimpangan Untuk TDG 3

TDG 3							
Dimensi	30°	45°	60°	90°	120°	135°	150°
W-0 (ft)	25	25	25	25	25	25	25
W-1 (ft)	30	32	32	33	34	33	35
W-2 (ft)	37	42	47	54	52	55	56
L-1 (ft)	152	170	174	175	185	179	191
L-2 (ft)	50	55	65	80	65	75	65
L-3 (ft)	10	17	27	54	125	183	288
R-Fillet (ft)	0	0	0	0	25	25	25
R-CL (ft)	75	75	75	60	75	80	80
R-Outer (ft)	100	100	100	85	100	105	105

(Sumber: FAA, 2012)

2.5.4.4. *Crossover Taxiway*

Bisa disebut "konektor" atau "melintang" taxiway, antara taxiway paralel meningkatkan fleksibilitas. Desain sistem taxiway harus meminimalkan kebutuhan untuk arah pembalikan antara taxiway (180 derajat berubah), karena ini memerlukan hamparan trotoar yang membuat proses kurang efektif. Hindari menyelaraskan taxiway Crossover dengan pintu masuk atau keluar taxiway.

Sebuah. taxiway Crossover dengan arah pembalikan.

1. Konstruksi Baru

Jarak minimum antara taxiway paralel didasarkan pada ADG (lihat Tabel 4-1), tetapi dimensi ini mungkin perlu peningkatan berdasarkan TDG (lihat Tabel 4-14) ketika arah pembalikan antara taxiway (180 derajat) diperlukan. Hal ini disebabkan kebutuhan untuk menghindari sudut kemudi lebih dari 50 derajat. Tabel 2.15 memberikan dimensi yang digunakan dalam Gambar 4-23 untuk situasi ini.

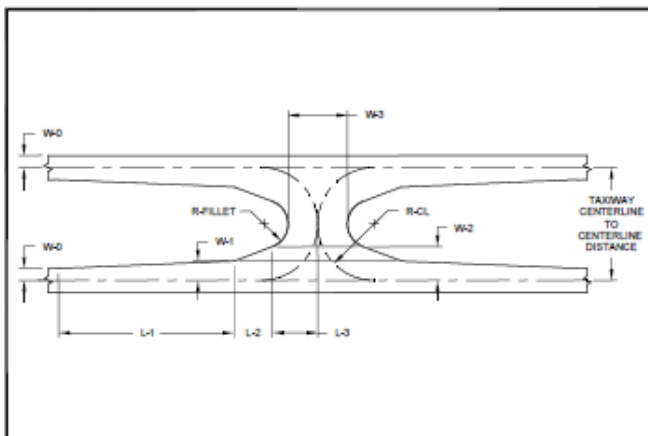
2. Keberadaan Taxiway.

Hal ini sering tidak layak untuk meningkatkan pemisahan antara taxiway paralel yang ada, dan sudut kemudi lebih dari 50 derajat.

Tabel 2.15. *Crossover Taxiway* dengan arah pembalikan antara taxiway berdasarkan TDG

Dimension	TDG							
	1A	1B	2	3	4	5	6	7
<i>Taxiway Centerline to Centerline Distance</i>	70	105	162	162	240	240	312	312
W-0 (ft)	12,5	12,5	17,5	25	25	37,5	37,5	41
W-1 (ft)	20	20	28	36	43	53	56	56
W-2 (ft)	20	34	53	62	83	87	109	109
W-3 (ft)	37	57	90	104	138	168	180	180
L-1 (ft)	48	106	198	198	355	340	438	400
L-2 (ft)	0	35	65	65	100	100	150	150
L-3 (ft)	31	41	65	65	108	108	123	123
R-Fillet (ft)	15	20	30	20	40	35	50	50
R-CL (ft)	35	52,5	81	120	120	120	156	156

(Sumer: FAA, 2012)



Note: Refer to Table 4-14

Gambar 2.22 Taxiway Crossover mana arah pembalikan kebutuhan berdasarkan TDG

(Sumer: FAA, 2012)

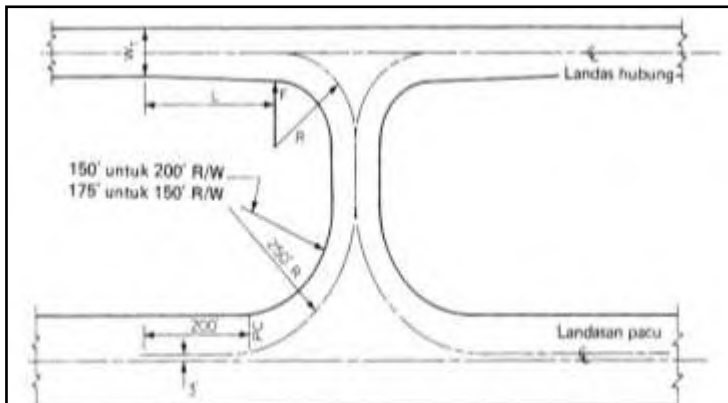
2.5.4.5. Bahu Taxiway

Tanah disekitar taxiway rentan terhadap erosi. Tanah dengan rumput tidak cocok berada di sekitar area ini. Tanah padar diperlukan dengan tujuan untuk membuat stabil kondisi permukaan. Bahu beraspal yang diperlukan untuk taxiway, dan apron taxilanes menampung ADG-IV dan pesawat yang lebih tinggi, dan direkomendasikan untuk taxiway, dan apron taxilanes menampung pesawat ADG-III. Turf, agregat-rumput, semen tanah, kapur atau aspal distabilkan tanah dianjurkan berdekatan dengan permukaan beraspal untuk mengakomodasi pesawat ADG-I dan pesawat ADG-II.

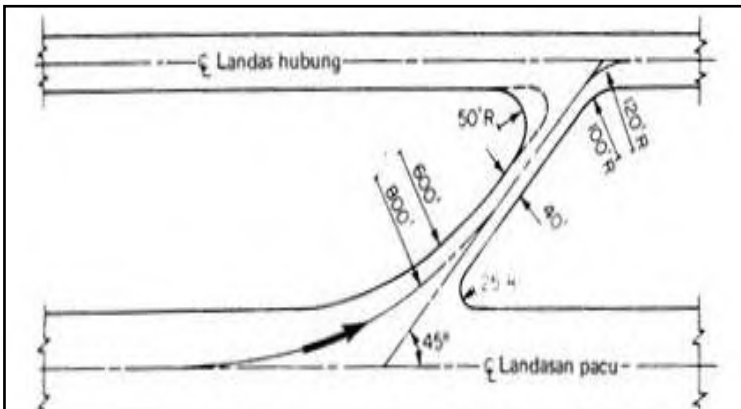
2.5.5 Landas Hubung Keluar (*Exit Taxiway*)

Pada bandara yang cukup sibuk, *exit taxiway* harus ditempatkan pada titik penting sepanjang *runway*. Hal ini dimaksudkan agar pesawat *landing* dapat meninggalkan *runway* secepat mungkin sehingga *runway* dapat digunakan pesawat lain. Kemungkinan mempercepat pesawat meninggalkan *runway* tergantung pada *exit taxiway*.

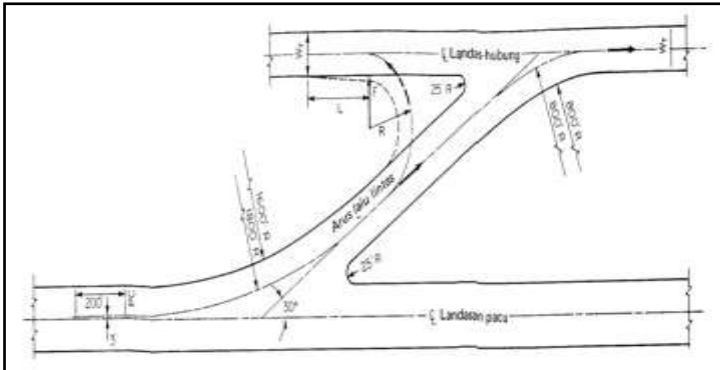
Terdapat 3 tipe sudut *exit taxiway*, yaitu 30° , 45° , 90° . *Exit taxiway* dengan sudut 30° disebut *rapid exit taxiway* atau *high speed exit taxiway*. Gambar 2.9 sampai 2.11 menunjukkan beberapa tipe dari *exit taxiway*.



Gambar 2.23 Exit Taxiway 90°
(Sumber: Horonjeff & McKelvey, 1988)



Gambar 2.24 Exit Taxiway 45°
(Sumber: Horonjeff & McKelvey, 1988)



Gambar 2.25 Exit Taxiway 30°
(Sumber: Horonjeff & McKelvey, 1986)

Faktor-faktor yang menjadi penentu untuk lokasi *exit taxiway*, adalah :

- Jarak dari *threshold* untuk *touchdown*
- Kecepatan *touchdown*
- Kecepatan awal keluar *exit taxiway*
- Perlambatan rata-rata

Jarak dari ujung *runway* ke suatu titik dimana tempat roda pesawat pertama diharapkan menyentuh *runway* saat mendarat (*aiming point*) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.16 Letak dan Ukuran *Aiming Point Marking*

Lokasi dan Dimensi	Panjang <i>runway</i>			
	< 800 m	800 m - 1199 m	1200 m - 2399 m	> 2400 m
Jarak dari <i>Threshold</i> (a)	150 m	250 m	300 m	400 m
Panjang <i>Stripe</i> (panjang b)	30 m - 45 m	30 m - 45 m	45 m - 60 m	45 m - 60 m
Lebar (c)	4 m	6 m	6 m - 10 m	6 m - 10 m
Jarak spasi antar <i>stripe</i> bagian dalam (d)	6 m	9 m	16 m - 22,5 m	16 m - 22,5 m

(Sumber : Badan Standarisasi Nasional, 2005)

Jarak dari *touchdown* ke lokasi *exit taxiway* ideal dapat diperkirakan dengan formula berikut ini (Ashford dan Wright, 1984)

$$D_2 = \frac{(V_{ul})^2 - (V_e)^2}{2a} \dots\dots\dots 5)$$

Dimana :

D_2 = Jarak *exit taxiway* dari titik *touchdown*

V_{ul} = Kecepatan *touchdown* di *runway* (m/dt)

V_e = Kecepatan awal keluar *runway* (m/dt)

a = Perlambatan (m/dt²)

Jarak dari ujung *runway* hingga pesawat mencapai kecepatan keluar di *exit taxiway* (S) adalah sebagai berikut (Ashford dan Wright, 1984):

$$S = D_1 + D_2$$

$$S = \frac{(V_{td})^2 - (V_{ul})^2}{2a_1} + \frac{(V_{ul})^2 - (V_e)^2}{2a_2} \dots\dots\dots 6)$$

Dimana :

S = Jarak dari ujung *runway* ke *exit taxiway* (m)

D_1 = Jarak dari ujung *runway* ke titik *touchdown* (m)

D_2 = Jarak *exit taxiway* dari titik *touchdown* (m)

V_{ul} = Kecepatan pendaratan pesawat (m/dt)

V_{td} = Kecepatan *touchdown* di *runway* (m/dt)

V_e = Kecepatan awal keluar *runway* (m/dt)

a_1 = Perlambatan di udara (m/dt²)

a_2 = Perlambatan di darat (m/dt²)

Catatan :

✓ Jarak D diperpanjang 3% untuk setiap penambahan 300 di atas muka air laut (MSL : *Mean Sea Level*)

✓ Jarak diperpanjang 1% untuk setiap kenaikan suhu 5.6° C di atas 15°C.

(Sumber: Horonjeff & McKelvey, 1988)

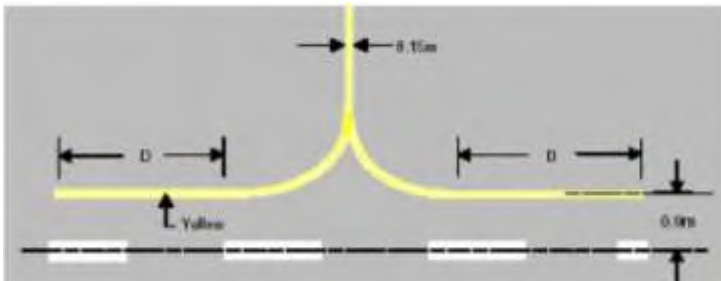
2.5.6 Marka di Landas Hubung (*Taxiway*) dan Landas Hubung Keluar (*Exit Taxiway*)

Tanda pada *taxiway* harus diberikan pada semua perkerasan *taxiway* dengan warna kuning. Pada dasarnya warnanya harus menyolok terhadap sekitarnya.

➤ *Taxi Guideline Marking*

Sumbu tanda *taxiway* sebagai garis pedoman dari sumbu landasan masuk ke *taxiway*, berbetuk garis selebar 15 cm. Pada garis melengkung, tanda harus sejajar dengan tepi luar perkerasan.

Tanda taksi di *runway* tidak harus menyatu dengan *centreline*, tetapi diteruskan sejajar dengan garis tengah *runway* untuk jarak (D), tidak kurang dari 60 m di luar titik singgung untuk nomor kode *runway* 3 dan 4 dan 30 m untuk nomor kode 1 dan 2. Tanda *taxi* harus *offset* dari landasan *centreline* pada sisi *taxiway* dan 0.9 m dari *runwaycentreline*.



Gambar 2.26 *Marking Guideline Menyinggung Centreline*
(Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005)

2.5.7 Landas Parkir (*Apron*)

Fungsi Apron adalah untuk menaik turunkan penumpang dan barang, pengisi bahan bakar, parkir, dan persiapan pesawat terbang sebelum melanjutkan penerbangan. Area ini terdiri dari tempat parkir pesawat (*aircraft gates*, *aircraft stands*, atau *ramps*) dan jalur khusus sirkulasi pesawat memasuki / keluar dari tempat parkir (*taxilane*).

Dimensi apron bergantung pada :

- a. Ukuran daerah untuk menempatkan bagi setiap pesawat yang disebut *gate position*.
- b. Jumlah *gate position*.
- c. Cara parkir pesawat

Ukuran *gate position* dipengaruhi oleh :

- a. Ukuran pesawat dan jari-jari perputaran pesawat (minimum turning radius)
- b. Cara pesawat masuk dan keluar *gate position* apabila dengan tenaga sendiri atau didorong.
- c. Kedudukan parkir pesawat yang dalam hal ini meliputi ukuran jarak line antara pesawat dengan pesawat dan antara pesawat dengan tepi apron.

2.5.7.1. Penentuan Jumlah Gerbang (*Gate*)

Perencanaan jumlah gerbang (*gate*) ditentukan berdasarkan perkiraan arus kedatangan dan keberangkatan pesawat setiap jam dalam perencanaan awal. Faktor pemakaian *gate* rata-rata di suatu bandar udara bervariasi antara 0,5 - 0,8 karena hampir tidak mungkin suatu *gate* dipergunakan selama 100% waktu karena gerak manuver pesawat masuk/keluar *gate* akan menghalangi pesawat lainnya untuk masuk/keluar *apron gate* di sekitarnya. Penentuan jumlah posisi gerbang (*gate position*) dapat dihitung berdasarkan perumusan di bawah ini.

$$\text{Rumus : } G = (V \times T) / U \dots\dots\dots(7)$$

Dimana:

G = Jumlah gerbang (*gate*)

V = Vol. rencana untuk kedatangan/keberangkatan (gerakan/jam)

T = Gate Occupancy Time (jam) Untuk kelas A = 60 menit

 Untuk kelas B = 40 menit

 Untuk kelas C = 30 menit

U = Faktor pemakaian gerbang (*gate*)

0,6 – 0,8 ➔ bisa digunakan untuk semua jenis penerbangan.

0,5 – 0,6 ➔ hanya bisa dipakai untuk beberapa jenis penerbangan

Tabel 2.17 Pengklasifikasian Kelas Pesawat Terbang

Kelas	Jenis Pesawat Terbang
A	Boeing 707, 747, 720; Douglas DC-8 dan DC-10; Lockheed L-1011
B	Boeing 727, 737; Douglas DC-9; BAC1-11; semua pesawat perusahaan penerbangan bermesin piston dan turboprop yang besar
C	Pesawat terbang kecil yang digerakkan propeler untuk perusahaan penerbangan, seperti Fairchild F-27 dan pesawat jet bisnis
D	Pesawat penerbangan umum yang digerakkan propeler bermesin ganda dan beberapa pesawat dengan mesin tunggal yang lebih besar
E	Pesawat penerbangan umum yang digerakkan propeler bermesin tunggal

Sumber: *Planning and Design of Airport*, Robert Horonjeff / Francis X. McKelvey

2.5.7.2. Dimensi Gerbang (*Gate*)

Luas Apron terdiri dari panjang dan lebar area ini. Dimana untuk menghitung panjang dan lebar apron dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Panjang Landas Parkir (Apron)} = G \times 2R + G \times C \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

G = Jumlah gerbang (*gate*)

R = radius putar pesawat (ft)

C = Jarak pesawat dan pesawat ke gedung terminal (25 ft – 35 ft)

L = Panjang pesawat (ft)

W = Lebar taxi lane (16 ft untuk pesawat kecil dan 290 ft untuk pesawat berbadan lebar)

Jika R tidak tersedia, maka nilai R dapat dihitung dengan :

$$R = (\text{Wingspan} / 2) + (\text{wheel base} / \tan 60^\circ) \dots\dots\dots(9)$$

Sehingga akan diperoleh dimensi *apron* minimum yang diperlukan oleh pergerakan suatu bandara.

Tabel 2.18 Jarak Bebas Antar Pesawat Di Apron

Uraian	Kode Huruf / Golongan Pesawat					
	A/I	B/II	C/III	D/IV	E/V	F/VI
Jarak bebas antar pesawat yang parkir dengan pesawat yang akan tinggal landas (A) (m)	10	10	10	15	15	15
Jarak bebas antar pesawat yang parkir dengan pesawat yang berada di taxilane dan penghalang lain (B) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
Jarak pesawat yang sedang berjalan dengan pesawat yang berada di lead-in garis dan pesawat lain (C) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
Jarak antara pesawat yang sejajar yang berada di apron dan bangunan lain (D) (m)	4,5	4,5	7,5	7,5	10	10
Jarak antara pesawat dengan pengisian bahan bakar dan bangunan (E) (m)	15	15	15	15	15	15

(Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005)

2.6 Metode Perencanaan Perkerasan

Perkerasan pada lapangan terbang berfungsi sebagai tumpuan untuk menahan beban pesawat secara aman dan nyaman selama umur rencana. Untuk memenuhi fungsi tersebut stuktur perkerasan harus :

1. Dapat mereduksi tegangan yang terjadi akibat beban pesawat sampai batas-batas yang masih mampu dipikul tanah dasar, tanpa menimbulkan perbedaan lendutan dan penurunan yang dapat merusak perkerasan.

2. Direncanakan/didesain sedemikian rupa sehingga mampu mengatasi pengaruh kembang susut dan penurunan kekuatan tanah dasar, pengaruh cuaca serta kondisi lingkungan.

Adapun metode perencanaan perkerasan lapangan terbang tersebut, antara lain :

- a. Metode CBR (*US of Engineers*)
- b. Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) cara Manual
- c. Metode FAA (*Federal Aviation Administration*) Dengan *software* FAARFIELD
- d. Metode LCN (*Load Classification Number*)
- e. Metode *Shell*
- f. Metode *Asphalt Institute*

2.7 Perencanaan Perkerasan Dengan *Software* FAARFIELD

FAARFIELD (*Federal Aviation Administration Rigid and Flexible Iterative Elastic Layered Design*) merupakan suatu program komputer untuk mendesain tebal perkerasan lentur maupun kaku pada landasan pacu bandar udara. FAARFIELD juga dapat mendesain tebal *overlay* perkerasan lentur atau kaku. Prosedur perhitungan dan desain ketebalan dalam program ini berdasarkan metode FAA-AC No: 150_5320_6E.



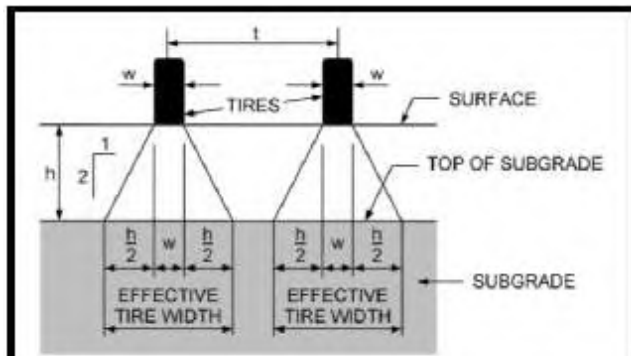
Gambar 2.27 *Software* FAARFIELD

Prosedur perencanaan perkerasan sudah di implementasikan di dalam program FAA yaitu FAARFIELD menerapkan prosedur *layer elastic* dan *finite element* untuk merencanakan perkerasan baru pada perkerasan lentur.

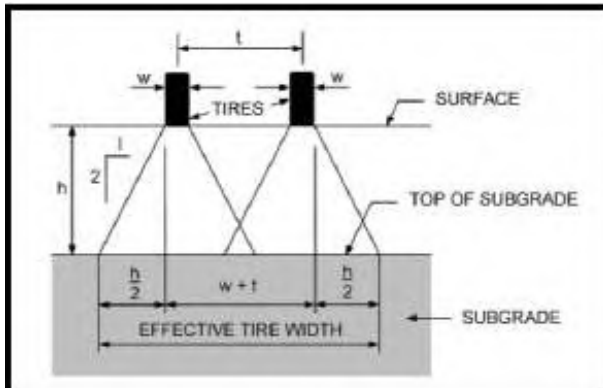
1. Prinsip dasar perhitungan tebal perkerasan FAARFIELD yang didasarkan pada AC 150/5320-6E.
 - a. Masukkan semua pesawat pengguna landasan dan tidak melakukan ekivalen pesawat ke pesawat rencana.
 - b. Jarak roda pendaratan utama setiap pesawat dari garis tengah landasan mempengaruhi kumulatif (*Cummulative Damage Factor*).
 - c. Konsep pesawat rencana tidak dipakai dalam FAARFIELD.

2. *Pass-to-coverage ratio* (PCR)

Rasio jumlah lintasan terhadap beban penuh per satuan luas perkerasan disebut sebagai *pass-o-coverage ratio*. *Responses line* digambar dengan kemiringan 1:2 dari pinggir kotak hingga ke puncak tanah dasar, seperti diilustrasikan dalam Gambar 2.28 dan Gambar 2.29. Semua perhitungan lebar efektif roda dan PCR dilakukan di dalam program FAARFIELD.



Gambar 2.28 *Two Effective Tire Widths-No Overlap*
(Sumber : FAA, 2009)



Gambar 2.29 *One Effective Tire Width-Overlap*
(Sumber : FAA, 2009)

3. FAARFIELD Default Value

Tabel 2.19 Nilai Standar pada *Software* FAARFIELD

Base Layer	Modulus, psi (MPa)	Poisson's Ratio
Stabilized (flexible) Variable Minimum Variable Maximum P-401/403 Asphalt	150,000 (1 035) 400,000 (2 760) 400,000 (2 760)	0.35
Stabilized (rigid) Variable Minimum Variable Maximum P-304 Cement Treated Base P-306 Econocrete Subbase	250,000 (1 720) 700,000 (4 830) 500,000 (3 450) 700,000 (4 830)	0.20

(Sumber : FAA, 2009)

4. Faktor Kerusakan Kumulatif (*Cumulative Damage Factor*)

$$CDF = \frac{\text{number of applied load repetitions}}{\text{number of allowable repetitions to failure}}$$

or

$$CDF = \frac{\text{Annual departures} \times \text{Life in years}}{\left(\frac{\text{pass}}{\text{coverage ratio}} \right) \times \text{coverages to failure}}$$

or

$$CDF = \frac{\text{applied coverages}}{\text{coverages to failure}}$$

Tabel 2.20 Nilai Standar CDF pada *Software* FAARFIELD

CDF value	Pavement Remaining Life
1	The pavement has used up all of its fatigue life.
< 1	The pavement has some life remaining, and the value of CDF gives the fraction of the life used.
> 1	The pavement has exceeded its fatigue life.

(*Sumber : FAA, 2009*)

2.7.1. Perencanaan Perkerasan Lentur(*Flexible Pavement Design*)

Perkerasan lentur terdiri dari campuran aspal panas yang berada pada lapisan permukaan dari lapis perkerasan atas dan jika diperlukan dapat berada di permukaan tanah dasar dengan kondisi tanah dasar dapat syatkan sebagai lapis perkerasan bawah. (*Sumber : FAA, 2009*)

2.7.1.1. Lapis Permukaan Campuran Aspal Panas(*Hot Mix Asphalt Surfacing*)

Lapis permukaan campuran aspal panas berfungsi untuk mencegah penetrasi air dari permukaan menuju struktur lapis perkerasan, dan menahan tekanan geser yang disebabkan oleh roda pesawat saat menyentuh landasan pacu dan memiliki tekstur permukaan yang agak kasar tetapi tidak menyebabkan keausan pada roda pesawat. (*Sumber : FAA, 2009*)

2.7.1.2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas merupakan komponen struktural utama dalam fungsinya untuk mendistribusikan beban roda yang diterima pada lapisan pondasi atas dan kemudian disalurkan kepada lapis pondasi bawah dan atau tanah dasar. Kemampuan mendistribusikan beban secara baik dengan beban desain pesawat 30.000 pound (13.608 kg) atau lebih adalah sebagai berikut :

1. P-208 – Lapis Pondasi Agregat (*Aggregate Base Course*)
2. P-209 – Lapis Pondasi Agregat Batu Pecah (*Crushed Aggregate Base Course*)
3. P-211 – Lapis Pondasi Batu Kapur (*Lime Rock Base Course*)
4. P-219 – Lapis Pondasi Daur Ulang Beton (*Recycled Concrete Aggregate Base Course*)
5. P-304 – Lapis Pondasi Komposit Semen (*Cement Treated Base Course*)
6. P-306 – Lapis Pondasi Beton Ramah Lingkungan (*Ecoconcrete Base Course*)
7. P-401 – Lapis Pondasi Campuran Aspal Komposit (*Plant Mix Bituminous Pavements*)
8. P-403 – Lapis Pondasi HMA (*HMA Base Course*)

Penggunaan P-208 Lapis Pondasi Agregat karena lapis pondasi atas dirancang untuk beban berat 60.000 pound (27.216 kg) atau kurang. Ketika P-208 digunakan sebagai lapis pondasi atas ketebalan minimum lapis permukaan campuran aspal panas harus setebal 5 inci (127 mm). Penggunaan P-209 Lapis Pondasi Agregat Batu Pecah dirancang untuk melayani beban berat 100.000 pound (45.359 kg) atau kurang.

(*Sumber : FAA, 2009*)

Tabel 2.21 Ketebalan Minimum Agregat Lapis Pondasi Bawah

Gear Type	Design Load Range		Minimum Base Course (P-209) Thickness	
	lbs	(kg)	in.	(mm)
S	30,000 - 50,000	(13 600 – 22 700)	4	(100)
	50,000 - 75,000	(22 700 – 34 000)	6	(150)
D	50,000 - 100,000	(22 700 – 45 400)	6	(150)
	100,000 - 200,000*	(45 400 – 90 700)	8	(200)
2D	100,000 - 250,000*	(45 400 – 113 400)	6	(150)
	250,000 - 400,000*	(113 400 – 181 000)	8	(200)
2D (B757, B767)	200,000 - 400,000*	(90 700 – 181 000)	6	(150)
2D or 2D/D1 (DC10, L1011)	400,000 - 600,000*	(181 000 – 272 000)	8	(150)
2D/2D2 (B747)	400,000 - 600,000*	(181 000 – 272 000)	6	(150)
	600,000 - 850,000*	(272 000 – 385 600)	8	(200)
2D/D1 or 2D/2D1 (A340)	568,000 – 840,400	(257 640 – 381 200)	10	(250)
2S (C130)	75,000 - 125,000	(34 000 – 56 700)	4	(100)
	125,000 - 175,000*	(56 700 – 79 400)	6	(150)
3D (B777)	537,000 – 777,000*	(243 500 – 352 440)	10	(250)
3D (A380)	1,239,000 – 1,305,125*	(562 000 – 592 000)	9	(230)

(Sumber : FAA, 2009)

2.7.1.3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah disertakan sebagai bagian dari struktur perkerasan lentur kecuali pada tanah dasar dengan nilai CBR 20% atau lebih besar (biasanya untuk jenis tanah GW atau jenis GP). Didalam pengembangan ketebalan perkerasan

digunakan untuk nilai CBR pada lapis pondasi bawah yang memiliki nilai variabel.

a. Kualitas, jenis lapis pondasi bawah yang digunakan pada bandara dengan beban desain pesawat dari 30.000 pound (13.608 kg) atau lebih dengan jenis material sebagai berikut :

1. P-154 – Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)
2. P-210 – Lapis Pondasi Pasir Kerikil Nitrat (*Caliche Base Course*)
3. P-212 – Lapis Pondasi Tempurung (*Shell Base Course*)
4. P-213 – Lapis Pondasi Pasir Lempung (*Sand Clay Base Course*)
5. P-301 – Lapis Pondasi Semen Tanah (*Soil Cement Base Course*)

Penggunaan P-213 dan P-301 pada lapis pondasi bawah tidak direkomendasikan digunakan sehingga kegagalan penetrasi pada lapis pondasi bawah dapat diantisipasi.

b. Konstruksi Berlapis, tidak harus dikonfigurasi sehingga lapisan granular terletak di antara dua lapisan yang kedap. (*Sumber : FAA, 2009*)

2.7.1.4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar menipiskan tekanan dengan kedalam dan tingkat kejenuhan tanah dikendalikan oleh lapisan diatasnya, kecuali kondisi yang tidak biasa ada. Kondisi tidak biasa seperti tanah dasar berlapis, mengandung air yang banyak, atau tingkat kepadatan dapat mengubah lokasi kejenuhan tanah pengendali. (*Sumber : FAA, 2009*)

Tabel 2.22 Persyaratan Tanah Dasar Untuk Pemadatan

GEAR TYPE	GROSS WEIGHT Lb.	NON-COHESIVE SOILS Depth of Compaction, inch				COHESIVE SOILS Depth of Compaction, inch			
		100%	95%	90%	85%	95%	90%	85%	80%
S	30,000	8	8-18	18-32	32-44	6	6-9	9-12	12-17
	50,000	10	10-24	24-36	36-48	6	6-9	9-16	16-20
	75,000	12	12-30	30-40	40-52	6	6-12	12-19	19-25
D (incls. 2S)	50,000	12	12-28	28-38	38-50	6	6-10	10-17	17-22
	100,000	17	17-30	30-42	42-55	6	6-12	12-19	19-25
	150,000	19	19-32	32-46	46-60	7	7-14	14-21	21-28
	200,000	21	21-37	37-53	53-69	9	9-16	16-24	24-32
2D	100,000	14	14-26	26-38	38-49	5	6-10	10-17	17-22
	200,000	17	17-30	30-43	43-56	5	6-12	12-18	18-26
	300,000	20	20-34	34-48	48-63	7	7-14	14-22	22-29
	400,000 – 600,000	23	23-41	41-59	59-76	9	9-18	18-27	27-36
2D/D1, 2D/2D1	500,000 – 800,000	23	23-41	41-59	59-76	9	9-18	18-27	27-36
2D/2D2	800,000	23	23-41	41-59	59-76	9	9-18	18-27	27-36
	975,000	24	24-44	44-62	62-78	10	10-20	20-28	28-37
3D	550,000	20	20-36	36-52	52-67	6	6-14	14-21	21-29
	650,000	22	22-39	39-56	56-70	7	7-16	16-22	22-30
	750,000	24	24-42	42-57	57-71	8	8-17	17-23	23-30
2D/3D2	1,250,000	24	24-42	42-61	61-78	9	9-18	18-27	27-36
	1,350,000	25	25-44	44-64	64-81	10	10-20	20-29	29-38

Catatan :

1. Tanah Non-Kohesi, untuk tujuan menentukan kontrol pemadatan, dengan indeks plastis < 3.
2. Nilai tabulasi menunjukkan kedalaman bawah tanah dasar diatas yang kepadatan harus sama atau melebihi presentase yang ditunjukkan dari kepadatan kering maksimum sebagaimana ditentukan dalam butir P-152.
3. Tanah dasar di daerah dipotong harus memiliki kepadatan harus memiliki kepadatan alami atau harus (a) dipadatkan dari permukaan untuk mencapai kepadatan yang diperlukan, (b) dihapus dan diganti pada kepadatan ditampilkan, atau (c) ketika ekonomi dan nilai mengizinkan, ditutupi dengan cukup pilih materi lapis pondasi bawah sehingga tanah dasar dipadatkan adalah pada kedalaman di mana kepadatan di tempat yang memuaskan.
4. Untuk bobot pesawat menengah, menggunakan interpolasi linier.
5. Untuk pembengkakan tanah, lihat ayat 313
6. 1 inci = 25,4 mm, 1 pound = 0,454 kg

(Sumber : FAA, 2009)

Tabel 2.23Contoh Kepadatan Untuk Tanah Dasar

Depth Below Existing Grade	Depth Below Finished Grade	In-Place Density
1' (0.3 m)	2" (50 mm)	70%
2' (0.6 m)	14" (0.36 m)	84%
3' (0.9 m)	26" (0.66 m)	86%
4' (1.2 m)	38" (0.97 m)	90%
5' (1.5 m)	50" (1.27 m)	93%

(Sumber : FAA, 2009)

Tabel 2.24Contoh Persyaratan Pemadatan

100%	95%	90%	85%
0-21 in	21-37 in	37-52 in	52-68 in

(Sumber : FAA, 2009)

2.7.2. Perencanaan Perkerasan Kaku(Rigid Pavement Design)**2.7.2.1. Perkerasan Beton (Concrete Pavement)**

Permukaan beton harus memberikan tekstur kualitas yang anti selip, mencegah penyerapan air permukaan ke dalam tanah dasar, dan memberikan dukungan struktural.

(Sumber : FAA, 2009)

2.7.2.2. Lapis Pondasi Bawah(Subbase Course)

Standar FAA lapis pondasi bawah untuk perkerasan kaku adalah sebesar 4 inci (102 mm) dengan jenis material adalah P-154, pada lapis pondasi bawah. Dalam beberapa kasus tertentu, diinginkan menggunakan bahan yang berkualitas lebih tinggi atau ketebalan P-154 lebih besar dari 4 inci (102 mm). Bahan berikut yang dapat diterima untuk digunakan sebagai pondasi bawah di bawah perkerasan kaku :

1. P-154 – Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)
2. P-208 – Lapis Pondasi Agregat (*Aggregate Base Course*)

3. P-209 – Lapis Pondasi Agregat Batu Pecah (*Crushed Aggregate Base Course*)
4. P-211 – Lapis Pondasi Batu Kapur (*Lime Rock Base Course*)
5. P-301 – Lapis Pondasi Semen Tanah (*Soil Cement Base Course*)
6. P-304 – Lapis Pondasi Komposit Semen (*Cement Treated Base Course*)
7. P-306 – Lapis Pondasi Beton Ramah Lingkungan (*Ecoconcrete Base Course*)
8. P-401 – Lapis Pondasi Campuran Aspal Komposit (*Plant Mix Bituminous Pavements*)
9. P-403 – Lapis Pondasi HMA (*HMA Base Course*)

Bahan stabil yang diperlukan untuk lapis pondasi bawah mampu melayani beban berat sebesar 100.000 pound (45.359 kg) atau lebih. Kestabilan bahan yang diterima adalah jenis P-304, P-306, dan P-401. Minimal ketebalan lapis pondasi bawah sebesar 4 inci (102 mm).

(Sumber : FAA, 2009)

2.7.2.3. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar di bawah perkerasan kaku harus dipadatkan. Penggalian dan penimbunan kembali meliputi kontrol konstruksi dan pemadatan tanah dasar.

Tabel 2.25 Rekomendasi Perbaikan dari Tanah Bergelombang

Swell Potential (Based on Experience)	Percent Swell Measured (ASTM D 1883)	Potential for Moisture Fluctuation	Treatment
Low	3-5	Low	Compact soil on wet side of optimum (+2% to +3%) to not greater than 90% of appropriate maximum density ² .
		High	Stabilize soil to a depth of at least 6 in. (150 mm)
Medium	6-10	Low	Stabilize soil to a depth of at least 12 in. (300 mm)
		High	Stabilize soil to a depth of at least 12 in. (300 mm)
High	Over 10	Low	Stabilize soil to a depth of at least 12 in. (300 mm)
		High	For uniform soils, i.e., redeposited clays, stabilize soil to a depth of at least 36 in. (900 mm) or raise grade to bury swelling soil at least 36 in. (900 mm) below pavement section or remove and replace with nonswelling soil. For variable soil deposits depth of treatment should be increased to 60 in. (1 500 mm).

(Sumber : FAA, 2009)

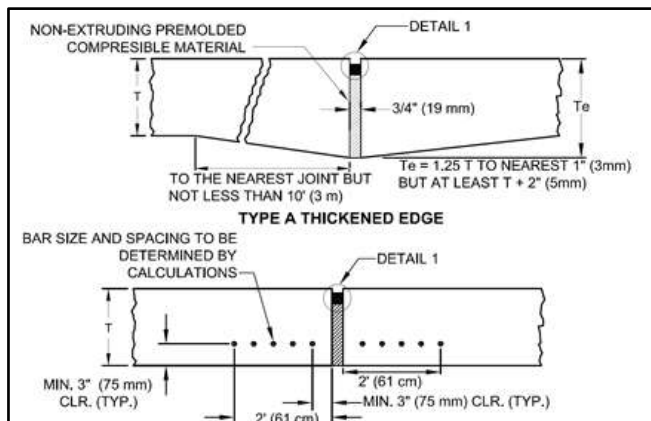
2.7.2.4. Joint / Sambungan pada Perkerasan Kaku

Joint/Sambungan dibuat pada perkerasan kaku, agar beton dapat mengembang dan menyusut tanpa halangan sehingga meringankan/mengurangi efek merusak dan meminimalkan retak acak akibat gesekan, perubahan temperatur, serta perubahan kelembaban.

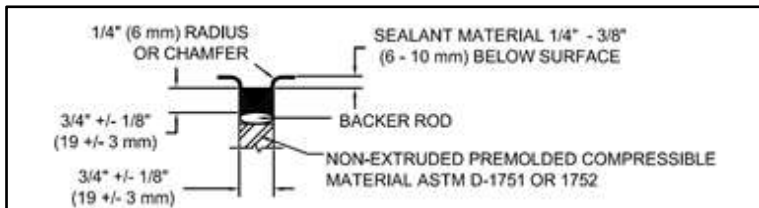
a. Kategori Sambungan

Sambungan pada perkerasan kaku dikategorikan menurut fungsi bersama dimaksudkan untuk melakukan kategori sambungan isolasi, kontraksi, dan konstruksi.

1. Sambungan isolasi (Tipe A, A-1), fungsi sambungan isolasi untuk mengisolasi memotong perkerasan dan struktur perkerasan.
 - Tipe A digunakan ketika kondisi menghalangi penggunaan perangkat penyaluran beban yang mencakup seluruh perkerasan, dimana perkerasan berbatasan struktur. Perkerasan ini dibentuk dengan meningkatkan ketebalan perkerasan di sepanjang tepi slab. Tidak ada dowel bar yang digunakan.
 - Tipe A-1 digunakan sebagai alternatif dalam kasus dimana menebalkan perkerasan tepi yang tidak diinginkan.



Gambar 2.30 Sambungan Isolasi Tipe A dan A-1
(Sumber : FAA, 2009)

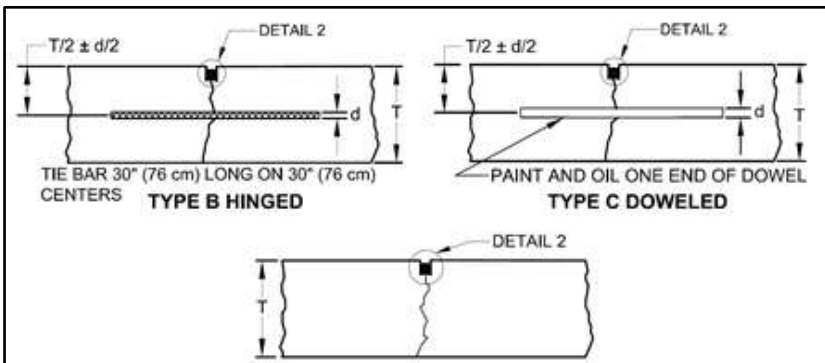


Gambar 2.31 Detail Sambungan Isolasi

(Sumber : FAA, 2009)

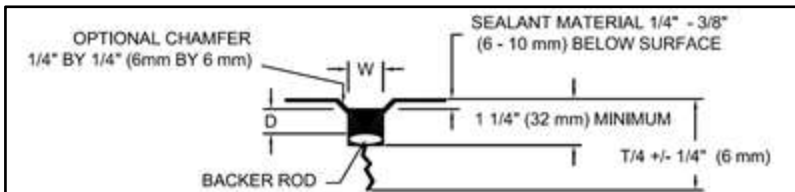
2. Sambungan Kontraksi (Tipe B, C, D), fungsi sambungan kontraksi adalah memberikan retak yang dikendalikan dari perkerasan ketika perkerasan terjadi penurunan kadar air atau penurunan suhu.

(Sumber : FAA AC No: 150/5320-6E Airport Pavement Design and Evaluation)



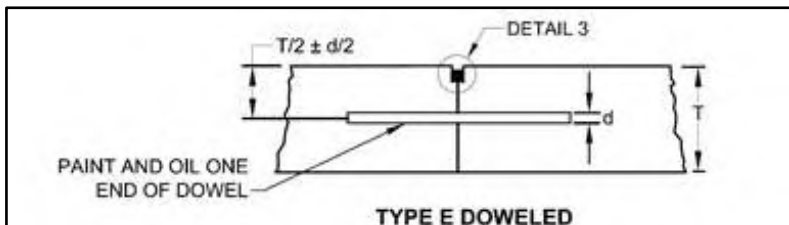
Gambar 2.32 Sambungan Kontraksi Tipe B, Tipe C dan D

(Sumber : FAA, 2009)

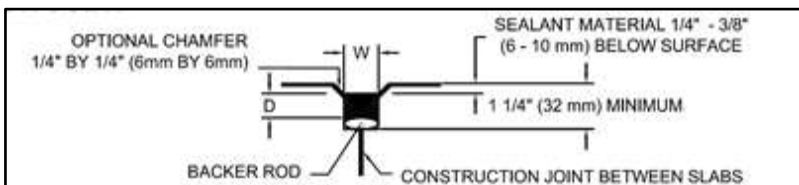


Gambar 2.33 Detail Sambungan Kontraksi
(Sumber : FAA, 2009)

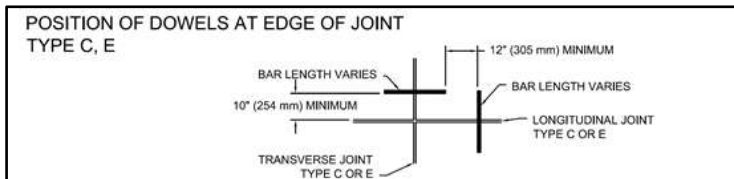
3. Sambungan Kontruksi (Tipe E), diperlukan ketika dua lempeng berbatasan ditempatkan pada waktu yang berbeda, seperti pada akhir penempatan hari atau jalur perkerasan.



Gambar 2.34 Sambungan Kontruksi Tipe E
(Sumber : FAA, 2009)



Gambar 2.35 Detail Sambungan Kontruksi
(Sumber : FAA, 2009)



Gambar 2.36 Posisi Dowel Pada Tepi Perkerasan (Tipe C dan E)
(Sumber : FAA, 2009)

Tabel 2.26Jenis Sambungan Perkerasan Kaku

Jenis	KETERANGAN	MEMANJANG	MELINTANG
A	Menebalkan Ujung Sambungan Isolasi	Digunakan diantara dimana dowel tidak dapat digunakan dan perkerasan berbatasan dengan struktur perkerasan. Pertimbangan dilokasi sepanjang tepi perkerasan	Digunakan ketika sumbu memanjang masing-masing memotong pada sudut. Gunakan di tepi bebas dari perkerasan dengan ekspansi masa depan, menggunakan ketebalan perkerasan diharapkan yang sama.
B	Sambungan Kontraksi Bersendi	Untuk semua sambungan kontraksi dalam lempengan landas hubung tebal < 9 inci (230mm). untuk sambungan kontraksi lain dalam lempengan tebal < 9 inci (230mm), ditempatkan 20 kaki (6m) atau kurang dari tepi perkerasan	Tidak digunakan
C	Sambungan Kontraksi dengan Dowel	Pertimbangan untuk digunakan dalam sambungan kontraksi dalam lempengan tebal < 9 inci (230mm), dimana sambungan ditempatkan 20 kaki (6 m) atau kurang dari tepi perkerasan.	Dapat dipertimbangkan untuk penggunaan umum. Gunakan pada tiga sambungan akhir dari tepi bebas, dan selama tiga sambungan dikedua sisi sambungan isolasi
D	Sambungan Kontraksi Kosong	Untuk semua sambungan kontraksi lainnya di perkerasan	Untuk semua sambungan kontraksi lainnya di perkerasan
E	Sambungan Konstruksi dengan Dowel	Semua sambungan konstruksi termasuk sambungan isolasi	Gunakan untuk sambungan pembangunan di semua lokasi yang memisahkan paving berturut-turut ("headers")

(Sumber : FAA, 2009)

b. Jarak Antar Sambungan

1. Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah, Aturan untuk jarak sambungan yang diberikan oleh *Portland Cement Association* berlaku untuk perkerasan kaku tanpa perbaikan pondasi bawah : sebagai panduan kasar, jarak sambungan tidak harus jauh melampaui 24 kali ketebalan slab, atau $L \leq 24t$ (valid untuk setiap unit sistem), dimana L adalah jarak sambungan dan t adalah tebal pelat. Tabel 2.34 menunjukkan jarak sambungan maksimum yang dianjurkan. Jarak maksimum sambungan yang dianjurkan adalah 20 kaki (6,1 m).

Tabel 2.27 Rekomendasi Jarak Maksimum Sambungan – Perkerasan Kaku Dengan atau Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah

Bagian I, Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah			
Slab Thickness		Joint Spacing ¹	
Inches	Millimeters	Feet	Meter
6	152	12.5	3.8
6.5-9	165-229	15	4.6
>9	>229	20	6.1
Bagian II, Dengan Perbaikan Pondasi Bawah			
Slab Thickness		Joint Spacing ¹	
Inches	Millimeters	Feet	Meter
8–10	203-254	12.5	3.8
10.5-13	267-330	15	4.6
13.5-16	343-406	17.5	5.3
>16	>406	20	6.1

(Sumber : FAA, 2009)

2. Dengan Perbaikan Pondasi Bawah, Perkerasan kaku didukung pada perbaikan pondasi bawah dengan warping lebih tinggi dan tekanan bengkok dari yang didukung pada pondasi tanpa perbaikan. Jarak sambungan maksimum yang disarankan tercantum pada bagian II,

Tabel 2.34. Sebagai pengganti catatan riwayat kinerja, jarak maksimum direkomendasikan 20 kaki (6,1 m) untuk lembaran sama dengan atau lebih tebal dari 16 inci (406 mm).

(Sumber : FAA, 2009)

2.7.2.5. Sambungan Baja

- a. Tie Bars, yang digunakan di seluruh sambungan kontraksi memanjang tertentu untuk memegang wajah slab dalam kontak dekat. Tie bar sendiri tidak bertindak sebagai perangkat penyalur beban. Dengan mencegah pembukaan macam sambungan, penyauran beban disediakan oleh interlock agregat di celah bawah alur-jenis sambungan. Tie bar harus *deformed bar* sesuai dengan spesifikasi yang diberikan. Tie bar harus 5/8 inci (16 mm) dan dengan diameter 30 inci (762 mm) pada pusat spasi. Jangan gunakan tie-bar sehingga daerah perkerasan dengan sendi terikat terus-menerus lebih dari 75 kaki (23 m).
- b. Dowels, yang digunakan pada sambungan untuk menyediakan transfer beban di sambungan dan untuk mencegah perpindahan relatif secara vertikal ujung slab yang berdekatan. Dowel memungkinkan gerakan longitudinal lembaran yang berdekatan.
 1. Dowel untuk sambungan kontraksi harus disediakan setidaknya 3 sambungan dari tepi bebas.
 2. Ukuran panjang dan jarak spasi, harus berukuran sehingga dowel akan menolak tekanan geser dan lentur yang dihasilkan oleh beban di perkerasan. Panjang dan jarak dowel tersebut harus mampu menolak tekanan agar tidak akan menyebabkan kegagalan slab beton.
 3. Posisi dowel harus selaras dan elevasi pemasangan dari dowel sangat penting dalam memperoleh layanan dowel dalam menolak tekanan geser dan lentur yang terjadi. Dowel arah melintang akan memerlukan penggunaan perlengkapan, biasanya sangkar kawat atau keranjang

yang berfungsi untuk memegang dowel pada posisi yang diinginkan. Dukungan pada keranjang atau sangkar kawat tidak perlu dipotong. Selama operasi penempatan beton, disarankan untuk menempatkan plastik beton langsung pada unit dowel mencegah perpindahan dari perakitan oleh peralatan paving. Prosedur alternatif untuk menempatkan dowel di sambungan melintang adalah dengan menggunakan mesin paving dilengkapi dengan otomatis *dowel bar inserter*.

Tabel 2.28 Dimensi dan Jarak Spasi Dowel Bar

Ketebalan Slab Beton	Diameter	Panjang	Jarak Spasi
6-7 in (152-178 mm)	$\frac{3}{4}$ in ¹ (20 mm)	18 in (460 mm)	12 in (305 mm)
7.5-12 in (191-305 mm)	1 in ¹ (25 mm)	19 in (480 mm)	12 in (305 mm)
12.5-16 in (318-406 mm)	1 $\frac{1}{4}$ in ¹ (30 mm)	20 in (510 mm)	15 in (380 mm)
16.5-20 in (419-58 mm)	1 $\frac{1}{2}$ in ¹ (40 mm)	20 in (510 mm)	18 in (460 mm)
20.5-24 in (521-610 mm)	2 in ¹ (50 mm)	24 in (610 mm)	18 in (460 mm)

¹Dowels noted may be solid bar or high-strength pipe. High-strength pipe dowels must be plugged on each end with a tight-fitting plastic cap or mortar mix.

(Sumber : FAA, 2009)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

Metodologi merupakan suatu langkah atau tahapan dalam pengerjaan sesuatu. Dalam hal ini, yang berkaitan dengan metodologi penelitian adalah cara dan urutan kerja untuk mendapatkan hasil dari evaluasi fasilitas sisi udara bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin. Pengumpulan data yang dilakukan diambil dari Dinas Perhubungan Komunikasi dan Informasi (DISHUBKOMINFO) Provinsi Kalimantan Selatan, PT (persero) Angkasa Pura 1 Tbk, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

3.1.1. Identifikasi

Identifikasi masalah dalam hal ini adalah peninjauan pada pokok masalah yang ditimbulkan untuk menentukan batasan pembahasan masalah tersebut. Identifikasi masalah ini dilakukan dengan browsing, membaca media cetak (koran), dan laporan studi kelayakan bandar udara Syamsudin Noor tahun 2011 mengenai permasalahan yang terjadi pada lokasi studi yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini. Dalam proposal tugas akhir ini penyusun akan menampilkan beberapa permasalahan sekaligus mencoba memberikan alternatif penyelesaiannya sesuai dengan batasan-batasan permasalahan yang ada.

3.1.2. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan dengan mengumpulkan literatur-literatur yang terkait atau berhubungan dengan studi penelitian ini sebagai referensi pustaka.

3.1.3. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan dengan beberapa cara berikut :

- Mencari informasi mengenai pihak terkait agar menjadi lokasi peminjaman data untuk dijadikan bahan Tugas Akhir.
- Mencari data ke instansi/perusahaan yang di rekomendasikan dan mencari informasi, serta meminta ijin kepada instansi terkait yang memiliki proyek untuk meminjam data guna dijadikan sebagai bahan Tugas Akhir.
- Membuat dan mengajukan berkas-berkas yang diperlukan untuk memperoleh data. Dalam hal ini yaitu surat pengantar dari jurusan untuk pengajuan peminjaman data.
- Mengumpulkan data yang sekiranya dapat mendukung dalam penyusunan laporan Tugas Akhir.
- Mempelajari semua data dan yang berkaitan dengan hal-hal yang menunjang isi Tugas Akhir.

Data-data yang diperlukan untuk penyusunan laporan Tugas Akhir ini antara lain :

1. Peta Lokasi Studi
2. Layout Bandar Udara (Khususnya Fasilitas Sisi Udara)
3. Jadwal penerbangan terbaru sesuai yang berlaku saat ini
4. Data pertumbuhan arus lalu lintas angkutan udara 10 tahun terakhir
5. Data tanah
6. Data suhu udara, arah, dan kecepatan angin
7. Tipe pesawat yang beroperasi

3.1.4. Analisis dan Pengolahan Data

Pada tahap ini dilakukan analisa dan pengolahan data – data primer yang telah didapat dari instansi/perusahaan terkait. Nilai yang didapat dari analisa dan pengolahan data nantinya akan digunakan untuk perhitungan perencanaan studi. Perencanaan studi ini meliputi :

3.1.4.1 Tahapan Analisis Pertumbuhan Lalu Lintas Udara

Suatu tahapan dimana kita harus menganalisa keadaan lalu lintas udara dalam waktu 5 (lima) tahun terakhir, agar bisa mengetahui bagaimana pertumbuhan pergerakan pesawat di Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin ini. Pola pertumbuhan yang didapatkan apakah meningkat atau cenderung menurun sehingga perlu dilakukan analisa sebelum dilakukan peramalan atau prediksi pertumbuhan pergerakan pesawat pada tahun rencana.

3.1.4.2 Tahapan Analisis Kondisi Eksisting Fasilitas Sisi Udara

Suatu tahapan dimana harus menganalisa keadaan eksisting dari fasilitas sisi udara bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin pada saat ini. Langkah awal yang dilakukan adalah melakukan identifikasi fasilitas sisi udara bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin berdasarkan poin 2.5. Dimana, akan diketahui apakah kondisi eksisting bandar udara sudah memenuhi peraturan/persyaratan yang berlaku berdasarkan jenis pesawat rencana yang akan beroperasi di bandar udara tersebut. Sehingga dapat diketahui permasalahan-permasalahan yang akan ditimbulkan akibat adanya deviasi atau ketidakcocokan antara fasilitas sisi udara bandar udara dengan pesawat yang beroperasi.

3.1.4.3 Tahapan Perhitungan Kebutuhan Fasilitas Sisi Udara Tahun Rencana

Adalah tahapan menghitung dan memprediksi atau meramalkan, apakah fasilitas sisi udara perlu dilakukan pengembangan sesuai dengan syarat-syarat dan peraturan yang berlaku. Dimana ramalan tersebut diambil ramalan jangka pendek yaitu ramalan 5 tahun yang akan datang.

Semakin meningkatnya jumlah dari pesawat terbang dari tahun ke tahun dan penambahan bobot pesawat yang semakin besar, sehingga diharapkan perkerasan fasilitas sisi udara mampu melayani beban tersebut dan dapat bertahan lama hingga tahun

rencana. Setelah dilakukan prediksi bahwa perkerasan perlu diperpanjang, maka dilakukan tahap-tahap perhitungannya yang disesuaikan dengan aturan yang berlaku.

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan geometrik landas pacu (*runway*), landas hubung (*taxiway*), landas hubung keluar (*exit taxiway*), dan landas parkir (*apron*) yang akan direncanakan nantinya. Dalam hal ini, data dapat diolah adalah data lalu lintas udara dari tahun 2005 – tahun 2015 dengan meramalkan pergerakan pesawat dan penumpang untuk 5 tahun mendatang. Pengolahan ini dilakukan menggunakan program bantu Microsoft Office Excel yaitu dengan Metode Ekonometrik sehingga akan mendapatkan persamaan pertumbuhannya seperti pada persamaan 2.1 pada sub bab 2.3 dengan hasil proyeksi/perkiraan dalam tiga skenario prediksi peramalan yaitu ; Pesimistik, Moderat, dan Optimistik.

3.1.5. Tahap Desain Fasilitas Sisi Udara

3.1.5.1 Perencanaan Dimensi Kebutuhan Landas Pacu (*Runway*)

Pada tahap ini, merencanakan dimensi perpanjangan atau penambahan panjang landas pacu, lebar landas pacu, dan arah landas pacu sesuai peraturan yang ada. Untuk klasifikasi landas pacu yang diperlukan dapat dilihat berdasarkan *International Civil Aviation Organization* (ICAO) kemudian untuk panjang landas pacu dapat dilihat terhadap koreksi elevasi, kemiringan, dan temperatur. Untuk klasifikasi arah landas pacu dilihat kecepatan dan arah angin yang terjadi terhadap pesawat terkecil yang beroperasi di bandar udara tersebut. Setelah didapatkan panjang landas pacu menurut *Aeroplane Reference Field Length* (ARFL), maka dikontrol lagi dengan *Aerodrome Reference Code* (Code) untuk mempermudah membaca hubungan antara beberapa spesifikasi pesawat terbang. Dari pembacaan ARC akan dapat ditentukan lebar landas pacu rencana minimum dan akan direncanakan beserta fasilitas landas pacu lainnya.

Pada tahap ini juga direncanakan apabila terjadi perubahan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) akibat adanya perpanjangan dan pelebaran landas pacu, yang akan berdampak pada bagian-bagian keselamatan dalam penerbangan baik di sisi fasilitas sisi udara bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin, maupun pada kawasan ruang udara penerbangan agar Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan dapat dijaga sehingga menciptakan penerbangan yang aman baik pada penerbangan kondisi siang hari maupun malam hari..

3.1.5.2 Perencanaan Jumlah dan Letak Landas Hubung Keluar (*Exit Taxiway*)

Pada tahap ini merencanakan kebutuhan jumlah, letak, dan jenis landas hubung keluar yang sesuai dengan karakteristik landas pacu bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin yang sudah terkoreksi kebutuhan panjangnya. Dengan mengetahui jumlah dan letak landas hubung keluar ini dapat menjadikan acuan untuk menentukan dimensi landas hubung yang ideal sesuai dengan karakteristik landas pacu bandar udara.

3.1.5.3 Perencanaan Dimensi Kebutuhan Landas Hubung (*Taxiway*)

Tahap ini direncanakan kebutuhan dimensi landas hubung sesuai peraturan yang ada. Dimensi yang ditetapkan adalah lebar landas hubung berdasarkan jenis pesawat terbesar yang beroperasi ataupun pesawat rencana yang ditetapkan untuk pengembangan bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin.

3.1.5.4 Perencanaan Dimensi Kebutuhan Landas Parkir (*Apron*)

Tahap ini, merencanakan dimensi kebutuhan jumlah gerbang yang disediakan agar mampu melayani sejumlah pesawat yang beroperasi bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin.

Berdasarkan jumlah kebutuhan posisi gerbang tersebut maka akan diketahui kebutuhan dimensi landas parkir (*apron*) bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin.

3.1.6. Perencanaan Tebal Perkerasan Dengan Metode FAA

Setelah melalui tahap perencanaan kebutuhan dimensi geometrik landas pacu, landas hubung keluar, landas hubung, dan landas parkir untuk tahun rencana, maka dilakukan perencanaan tebal perkerasan dengan metode FAA menggunakan *software* FAARFIELD. Semakin meningkatnya jumlah pesawat terbang dari tahun ke tahun, maka akan diimbangi dengan bobot pesawat yang semakin besar. Beban yang diterima pada perkerasan landas pacu oleh bobot pesawat akan disalurkan ke tanah, dan diharapkan dapat bertahan sampai tahun rencana. Sesuai langkah-langkah pada bab II poin 2.6.

3.1.7. Kesimpulan dan Saran

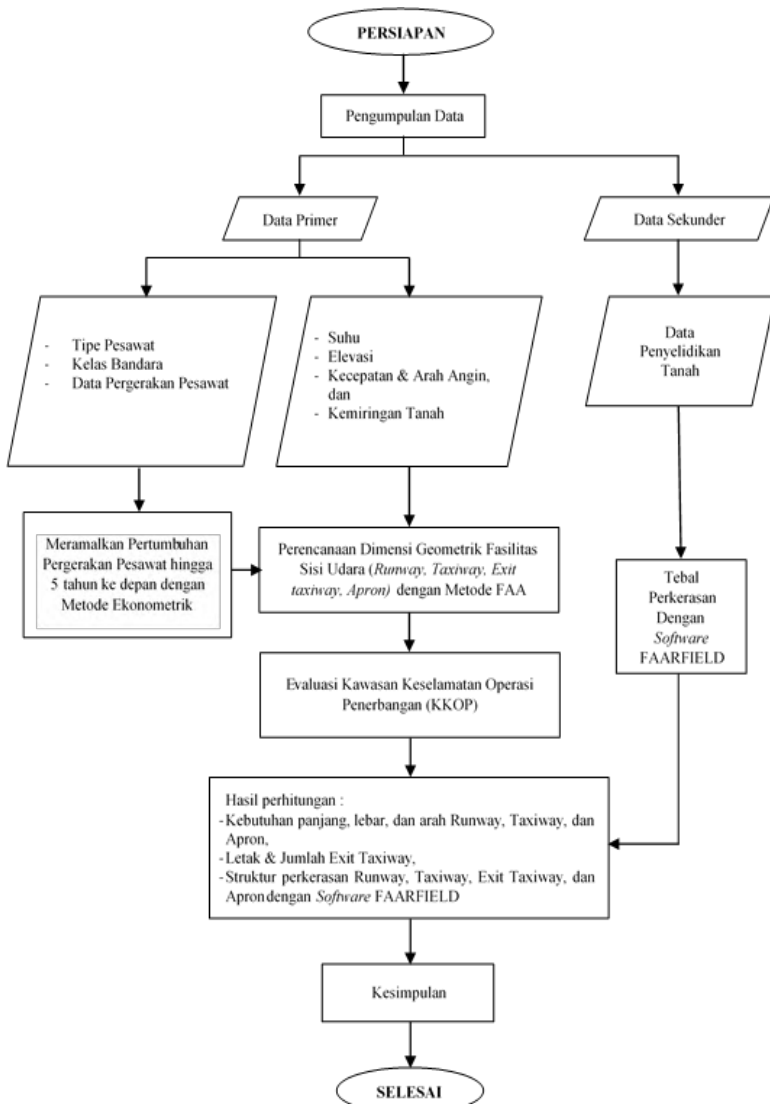
Pada tahap ini, dapat ditarik kesimpulan dari beberapa tahapan yang sudah dilakukan diatas yaitu mendapatkan dimensi fasilitas sisi udara yaitu :

1. Panjang, lebar, dan arah landas pacu (*runway*)
2. Jumlah, letak, dan bentuk landas hubung keluar (*exit taxiway*)
3. Bentuk dan lebar landas hubung (*taxiway*)
4. Panjang, lebar, dan jumlah posisi gerbang (*gate position*) pada landas parkir (*apron*).

Dari tahapan diatas juga direncanakan untuk mendapatkan tebal perkerasan yang dibutuhkan pada tahun rencana. Demikian juga saran, dapat dituliskan untuk pengembangan dan perbaikan kedepannya.

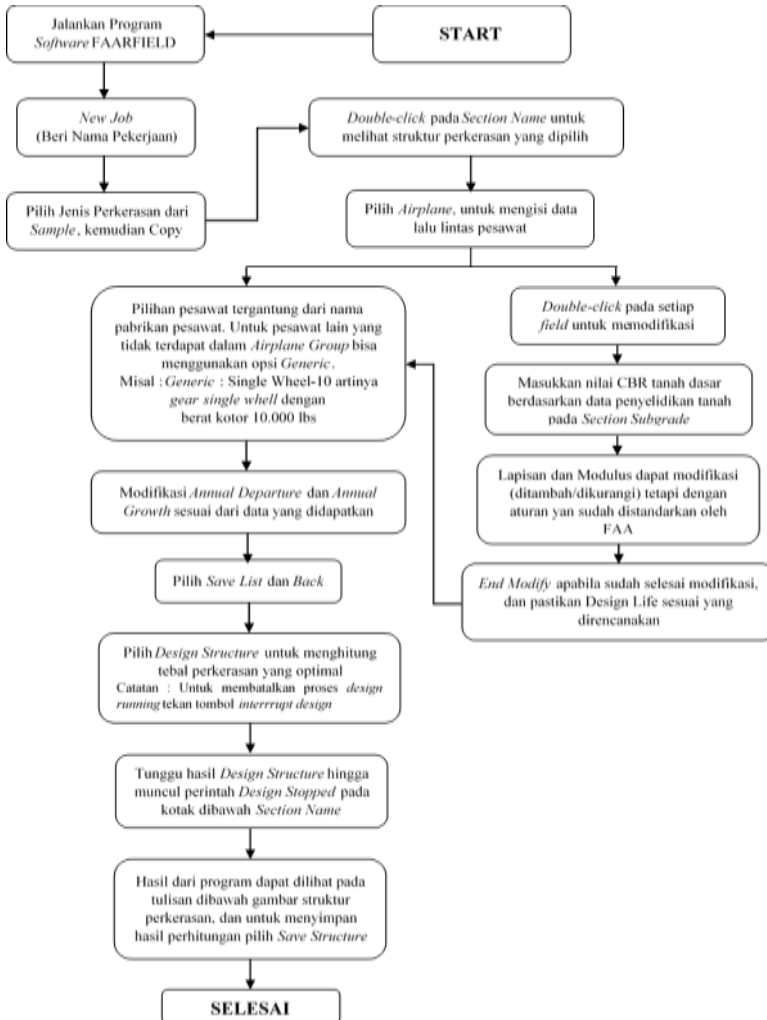
3.2. Diagram Alir

Sistematika metodologi tersebut dapat digambarkan dalam diagram alir pada gambar 3.1 dan gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.1 Flow Chart / Bagan Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

Diagram alir program bantu *software* FAARFIELD pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Flow Chart / Bagan Alir Penggunaan Program *Software* FAARFIELD

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat

Dalam merencanakan pengembangan fasilitas-fasilitas suatu bandar udara diperlukan tahapan yang harus dipersiapkan, salah satunya ialah peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat di tahun rencana pengembangan fasilitas-fasilitas bandar udara tersebut.

4.1.1. Analisis Eksisting Pergerakan Pesawat

Berdasarkan data pergerakan pesawat Bandar Udara Syamsudin Noor pada tahun 2011-2015 yang akan digunakan ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.1 Data Pergerakan Pesawat Tahun 2011-2015

Jenis Pesawat	Tahun				
	2011	2012	2013	2014	2015
A320-200	136	392	116	18	70
A330-300	34	3	26	29	28
ATR42-300	719	696	536	655	454
ATR42-500	0	0	648	571	528
ATR72-500	0	0	744	1334	1305
ATR72-600	0	55	207	328	476
B737-300	1409	1876	1179	918	1305
B737-400	380	1110	601	174	253
B737-800	432	1463	2041	2494	3062
B737-900ER	3586	4800	6442	6620	6061
Cessna 208	819	1408	881	347	194

Sumber : Angkasa Pura I

4.1.2. Uji Hubungan Korelasi Antar Variabel

Sebelum melakukan perhitungan untuk menentukan prakiraan pertumbuhan pergerakan pesawat perlu diperhatikan variabel-variabel bebas yang digunakan dapat dipertanggungjawabkan atau tidak. Dalam hal ini perlu dilakukan uji korelasi atau uji hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas maupun antara variabel-variabel bebas yang digunakan.

Pengujian variabel-variabel untuk uji korelasi atau uji hubungan ini menggunakan program bantu yaitu *software* uji statistik SPSS versi 22. Pengujian uji korelasi ini dilakukan dua pengujian dengan hipotesa berbeda. Dimana hipotesa merupakan syarat pengambilan keputusan dalam uji hubungan korelasi, dengan pengambilan keputusan berdasarkan parameter-parameter yang dapat diterima atau tidak dalam pengujian tersebut.

Parameter pengambilan keputusan uji korelasi ini dapat menggunakan dua syarat yaitu (Hendranata, 2003) :

1. Koefisien korelasi dibandingkan dengan nilai r pada hasil uji korelasi.
 - Apabila koefisien korelasi $> 0,5$, maka ada korelasi yang signifikan (H_a diterima, H_0 ditolak)
 - Apabila koefisien korelasi $< 0,5$, maka tidak ada korelasi yang signifikan (H_0 diterima, H_a ditolak)
2. Melihat pada nilai sig.
 - Apabila nilai sig. $<$ nilai signifikan korelasi, maka ada korelasi yang signifikan (H_a diterima, H_0 ditolak)
 - Apabila nilai sig. $>$ nilai signifikan korelasi, maka tidak ada korelasi yang signifikan (H_0 diterima, H_a ditolak)

Sedangkan untuk melihat arah hubungan antar variabel dapat dilihat dari tanda koefisien korelasi yaitu (Hendranata, 2003) :

- a. Tanda (-) berarti apabila variabel X tinggi maka variabel Y rendah
- b. Tanda (+) berarti apabila variabel X tinggi maka variabel Y juga tinggi

4.1.2.1. Uji Korelasi Variabel Terikat dengan Variabel Bebas

Hipotesa uji korelasi variabel terikat dengan variabel bebas adalah sebagai berikut :

- a. H_0 : Tidak ada hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas
- b. H_a : Ada hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebas

Tabel 4.2 Uji Korelasi Skenario 1

		Departure	PDRB
Departure	Pearson Correlation	1	,958**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	11	11
PDRB	Pearson Correlation	,958**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	11	11

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel 4.3 Uji Korelasi Skenario 2

		Departure	Populasi
Departure	Pearson Correlation	1	,961**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	11	11
Populasi	Pearson Correlation	,961**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	11	11

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Tabel 4.4 Uji Korelasi Skenario 3

		Departure	PDRB	Populasi
Departure	Pearson Correlation	1	.958**	.961**
	Sig. (2-tailed)		.000	.000
	N	11	11	11
PDRB	Pearson Correlation	.958**	1	.996**
	Sig. (2-tailed)	.000		.000
	N	11	11	11
Populasi	Pearson Correlation	.961**	.996**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	
	N	11	11	11

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

4.1.2.2. Uji Korelasi antar Variabel Bebas

Hipotesa uji korelasi variabel terikat dengan variabel bebas adalah sebagai berikut :

- H_0 : Tidak ada hubungan antar variabel bebas
- H_a : Ada hubungan antar variabel bebas

Tabel 4.5 Uji Korelasi antar Variabel Bebas

		PDRB	Populasi
PDRB	Pearson Correlation	1	.996**
	Sig. (2-tailed)		.000
	N	11	11
Populasi	Pearson Correlation	.996**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	N	11	11

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Berdasarkan hasil uji korelasi diatas dapat disimpulkan bahwa hubungan antar variabel signifikan saling berhubungan dan hipotesa H_a dapat diterima.

4.1.3. Analisis Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat

Pada perencanaan suatu bandar udara diperlukan perhitungan untuk memprediksi pertumbuhan pergerakan pesawat dan penumpang suatu bandar udara. Prakiraan ini untuk pengembangan fasilitas-fasilitas bandar udara digunakan prakiraan 5-10 tahun kedepan dalam perhitungan peramalan dan jangka panjang untuk pembangunan bandar udara baru perlu menggunakan prakiraan hingga 20 tahun kedepan. Prakiraan keberangkatan tahunan untuk 5 tahun mendatang dihitung berdasarkan metode prakiraan yaitu metode ekonometrik dengan 3 skenario peramalan.

Adapun skenario prakiraan peramalan yang digunakan meliputi 3 persamaan regresi linier dengan skenario variabel bebas masing-masing sebagai berikut :

- a. Skenario 1 : $y = a + bX_1$
- b. Skenario 2 : $y = a + bX_2$
- c. Skenario 3 : $y = a + bX_1 + cX_2$

Keterangan :

X_1 = Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Konstan

X_2 = Jumlah Penduduk Provinsi Kalimantan Selatan

Data-data tersebut diperlukan untuk menunjang prakiraan yang dapat dipertanggungjawabkan dengan metode ekonometrik dengan 3 skenario peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat. Adapun data-data variabel X_1 dan X_2 dapat dilihat pada **Tabel 4.6.**

Tabel 4.6 Data Variabel Bebas Metode Ekonometrik

Tahun	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk
	X1	X2
2005	23.292,54	3.250.100
2006	24.452,26	3.345.784
2007	25.922,29	3.396.680
2008	27.593,09	3.446.631
2009	29.051,63	3.496.125
2010	30.674,12	3.642.637
2011	32.552,60	3.714.340
2012	34.413,31	3.784.981
2013	36.196,22	3.854.485
2014	37.951,73	3.922.790
2015	39.545,71	3.981.632

Sumber : Badan Pusat Statistik Prov. Kalimantan Selatan

Data riwayat variabel-variabel ini juga direncanakan perkiraan pertumbuhan nilainya pada tahun 2016 s.d 2020. Untuk mendapatkan nilai tersebut variabel X1 dan X2 dilihat dari prosentase laju pertumbuhannya dari tahun 2005 s.d 2015, diharapkan 10 tahun yang akan datang pertumbuhannya sebesar nilai tersebut karena nilai ini berkaitan dengan nilai inflasi suatu daerah. Nilai laju pertumbuhan variabel X1 sebesar 5,44% dan variabel X2 sebesar 2,05%. Perhitungan nilai pertumbuhan masing-masing variabel dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

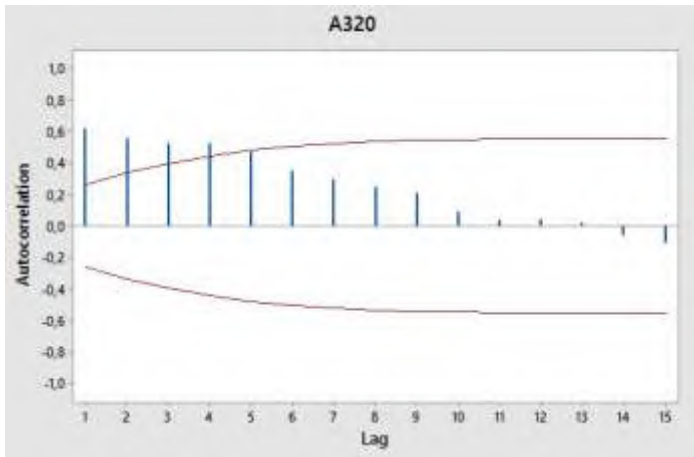
Tabel 4.7 Prediksi Pertumbuhan Variabel Bebas

Tahun	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk
	X1	X2
Prakiraan Pertumbuhan Variabel		
2016	41.696,12	4.063.420
2017	43.963,46	4.146.887
2018	46.354,09	4.232.069
2019	48.874,72	4.319.001
2020	51.532,42	4.407.718

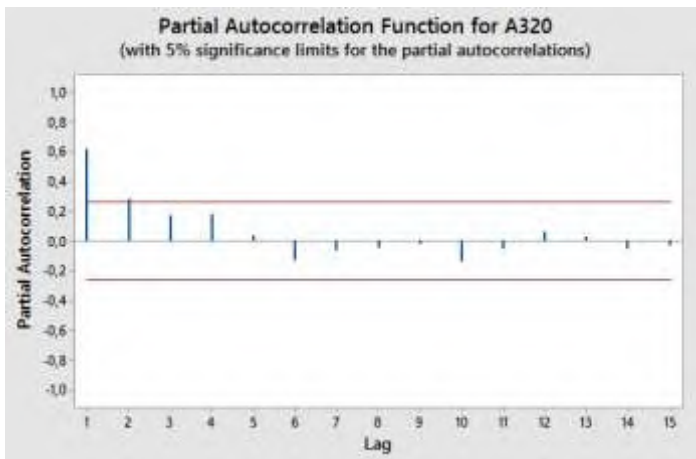
Dari hasil perhitungan peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat dengan metode ekonometrik didapatkan prakiraan pertumbuhan pergerakan pesawat dengan parameter nilai R square terbesar dari masing-masing perhitungan. Hasil perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8 Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat

FAA code	Tahun					R square
	2016	2017	2018	2019	2020	
A320	130	354	822	1551	2560	0,57
A333	19	1	-34	-86	-157	0,21
AT43	434	364	293	220	145	0,62
AT45	450	390	352	336	344	1,00
AT75	1693	1611	1022	-111	-1829	1,00
AT76	654	858	1090	1352	1646	1,00
B733	1456	2300	3986	6574	10132	0,82
B734	431	885	1845	3351	5440	0,42
B738	3884	4667	5465	6280	7112	0,98
B739	6834	5999	3741	-45	-5472	0,84
Total	15984	17429	18582	19422	19923	



Gambar 4.2 Plot ACF pada Pesawat Airbus A320



Gambar 4.3 Plot PACF pada Pesawat Airbus A320

Pada Gambar 4.2 Plot ACF terdapat *lag* signifikan yakni *lag* 1, 2, 3, 4 dan 5. Sedangkan pada Gambar 4.3 plot PACF terdapat *lag* signifikan yakni *lag* 1. Kedua plot tersebut digunakan dalam dugaan model ordo AR(p) dan MA(q), dengan bentuk umum

model ARIMA (p,d,q). Berikut hasil pendugaan model ARIMA (1,0,0) :

Final Estimates of Parameters					
Type		Coef	SE Coef	T	P
AR	1	0,6607	0,0991	6,67	0,000
Constant		4,301	1,454	2,96	0,004
Mean		12,675	4,286		

Gambar 4.4 Uji Signifikan Parameter ARIMA (1,0,0)

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic					
Lag	12	24	36	48	
Chi-Square	8,4	13,7	24,1	44,2	
DF	10	22	34	46	
P-Value	0,594	0,911	0,897	0,546	

Gambar 4.5 Uji Asumsi *White Noise* ARIMA

Dari estimasi pada Gambar 4.4 menunjukkan dari semua parameter untuk model ini sudah signifikan dengan nilai probabilitasnya mendekati nol dan data menunjukkan pola tren. Sedangkan pada Gambar 4.5 menunjukkan semua parameter untuk model ini sudah signifikan dengan nilai P-value > 0,05.

Dari peramalan dengan metode ini didapatkan peramalan pertumbuhan untuk semua jenis pesawat seperti pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Hasil Peramalan Dengan Metode ARIMA Tahun 2016

Tahun	Bulan	Jenis Pesawat									
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
2016	Januari	6	3	32	29	113	31	125	25	283	563
	Februari	8	3	43	29	111	21	123	27	280	548
	Maret	10	3	48	28	109	19	120	28	278	535
	April	11	2	50	28	107	19	119	30	275	524
	Mei	12	2	51	28	105	18	117	31	273	515
	Juni	12	2	51	28	103	18	116	32	271	506
	Juli	13	2	51	28	101	18	115	33	268	499
	Agustus	13	2	51	28	99	18	115	34	266	493
	September	13	2	51	28	97	18	114	34	264	488
	Oktober	13	2	51	28	96	18	114	35	262	483
	November	13	2	51	28	94	18	113	35	260	479
	Desember	13	2	51	28	93	18	113	35	258	476
Jumlah		137	27	581	338	1228	234	1404	379	3238	6109

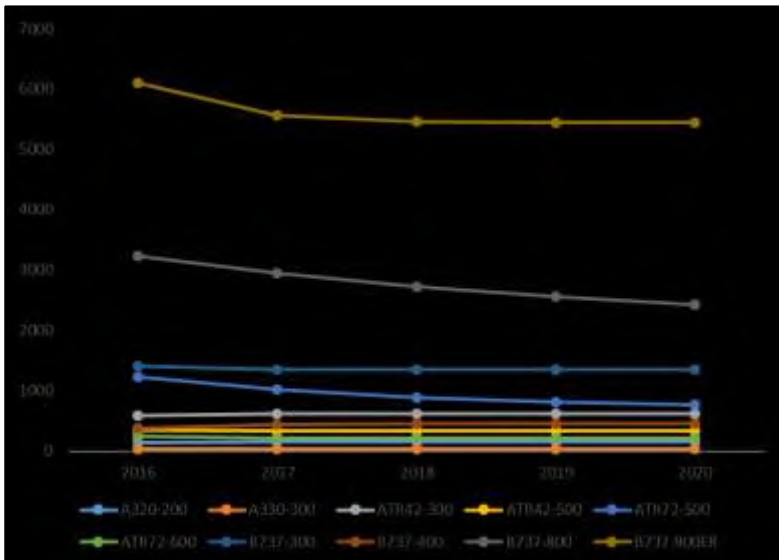
Tabel 4.10 Hasil Peramalan Dengan Metode ARIMA Tahun 2020

Tahun	Bulan	Jenis Pesawat									
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
2020	Januari	13	2	51	28	65	18	112	38	207	454
	Februari	13	2	51	28	65	18	112	38	206	454
	Maret	13	2	51	28	65	18	112	38	205	454
	April	13	2	51	28	64	18	112	38	204	454
	Mei	13	2	51	28	64	18	112	38	203	454
	Juni	13	2	51	28	64	18	112	38	202	454
	Juli	13	2	51	28	63	18	112	38	201	454
	Agustus	13	2	51	28	63	18	112	38	201	454
	September	13	2	51	28	63	18	112	38	200	454
	Oktober	13	2	51	28	63	18	112	38	199	454
	November	13	2	51	28	63	18	112	38	198	454
	Desember	13	2	51	28	62	18	112	38	198	454
Jumlah		156	24	612	336	764	216	1344	456	2424	5448

Dari hasil peramalan tersebut didapatkan rekapitulasi pertumbuhan pergerakan pesawat 5 tahun rencana dari tahun 2016 s.d tahun 2020. Adapun hasil peramalan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Gambar 4.6 sebagai berikut :

Tabel 4.11 Peramalan Pergerakan Pesawat metode ARIMA

Tipe Pesawat	Tahun				
	2016	2017	2018	2019	2020
A320-200	137	156	156	156	156
A330-300	27	24	24	24	24
ATR42-300	581	612	612	612	612
ATR42-500	338	336	336	336	336
ATR72-500	1228	1016	884	806	764
ATR72-600	234	216	216	216	216
B737-300	1404	1346	1344	1344	1344
B737-400	379	440	448	456	456
B737-800	3238	2949	2728	2554	2424
B737-900ER	6109	5562	5466	5448	5448
Jumlah	13675	12657	12214	11952	11780



Gambar 4.6 Grafik Peramalan Pesawat metode ARIMA

Dari hasil peramalan tersebut dapat disimpulkan bahwa pertumbuhan pergerakan pesawat dalam kurun waktu 5 tahun mendatang cenderung mengalami tren penurunan jumlah pergerakan pesawat per-tahun. Dengan tingkat penurunan sebesar -17,3% terjadi pada pesawat ATR72-500. Tetapi tidak semua jenis pesawat mengalami penurunan, ada juga beberapa jenis pesawat mengalami kenaikan jumlah pergerakan per-tahunnya dengan tingkat kenaikan sebesar 16,1% terjadi pada pesawat Boeing B737-400.

Dengan hasil peramalan tersebut dilihat dari pergerakan pesawatnya, jenis pesawat yang memiliki frekuensi terbang tertinggi atau sebagai pesawat rencana yang akan digunakan dalam evaluasi fasilitas sisi udara ditetapkan ialah pesawat Boeing 737-900ER dengan jumlah pergerakan > 5.000 pesawat per tahun, terbanyak dari jumlah pergerakan pesawat lainnya.

4.2. Analisis Kondisi Eksisting Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin

Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin saat ini memiliki penerbangan-penerbangan dengan jenis pesawat yang bervariasi. Perbedaan karakteristik pesawat ini berpengaruh terhadap fasilitas sisi udara yang tersedia di Bandar Udara ini. Adapun evaluasi fasilitas sisi udara ini dilakukan dengan melihat data riwayat pergerakan pesawat yang beroperasi dan peramalan pergerakan pesawat pada tahun rencana. Dengan pesawat terbesar dengan frekuensi terbang tertinggi ialah Boeing 737-900ER, dan fasilitas sisi udara Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin direncanakan mampu mengoptimalkan kapasitas operasional pesawat tersebut.

Bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin saat ini dikategorikan sebagai bandar udara pengumpul skala pelayanan sekunder dengan klasifikasi sistem kebandarudaraan dikategorikan dengan 4D ($1.800 \text{ m} \leq \text{ARFL}$; $36 \text{ m} \leq \text{Wingspan} < 52 \text{ m}$; $9 \text{ m} \leq \text{Outer Main Gear} < 14 \text{ m}$). Serta sudah menjadi bandar udara embarkasi haji dengan pesawat yang mampu didarati pesawat berbadan lebar seperti Airbus 320-200.

Secara geografis bandar udara ini terletak pada ketinggian 32,89 mdpl, dengan suhu temperatur udara rata-rata sebesar 37°C , dan landas pacu bandar udara ini memiliki kemiringan (*gradien*) efektif sebesar 0,8%.

4.2.1 Kondisi Eksisting Panjang Landas Pacu

Bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin memiliki panjang landas pacu eksisting sebesar 2.500 m dengan panjang 2.200 m merupakan landas pacu dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan 300 m dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*) pada sisi timur landas pacu (STA 2+200 s.d STA 2+500). Dengan masing-masing PCN yaitu 76 F/B/X/T dan 68

R/B/X/T. Dan strip landasan pacu (*runway strip*) sebesar 2.620 m x 150 m.

4.2.2 Kondisi Eksisting Lebar Landas Pacu

Lebar landas pacu bandar udara Syamsudin Noor eksisting saat ini sebesar 45 m. Dengan dimensi *RESA* 90 m x 60 m, serta daerah henti (*Stopway*) dengan dimensi 60 m x 30 m.

4.2.3 Kondisi Eksisting Landas Hubung dan Landas Hubung Keluar

Landas hubung keluar eksisting bandar udara Syamsudin Noor saat ini terdapat 4 buah dengan landas hubung keluar A dan B merupakan penghubung antara landas pacu dengan landas hubung menuju landas parkir barat (*west*) dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan PCN keduanya sebesar 36 F/B/X/T. Dan landas hubung keluar C dan D merupakan landas penghubung antara landas pacu dengan landas hubung menuju landas parkir timur (*east*) dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan PCN masing-masing sebesar 52 R/B/X/T dan 45 R/B/X/T.

Bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin saat ini belum memiliki landas hubung yang menjadi penghubung antara landas pacu dengan landas hubung paralel. Sehingga pesawat terbang yang melakukan aktivitas pendaratan saat mencapai ujung landas pacu memutar balik arah dan menuju landas hubung keluar D guna menuju landas parkir timur (*east*). Dan pesawat yang akan melakukan penerbangan (*takeoff*) menunggu di area landas parkir sambil menunggu pesawat yang datang sudah berada dalam area landas parkir.

4.2.4 Kondisi Eksisting Landas Parkir

Landas parkir bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin eksisting saat ini memiliki 2 landas parkir barat (*west*) dengan

dimensi 326 m x 90 m serta PCN 36 F/B/X/T dan landas parkir timur (*east*) dengan dimensi 336 m x 154 m serta PCN 60 R/B/X/T. Dan kapasitas parkir untuk landas parkir barat untuk pesawat berukuran dibawah kelas Boeing 737, serta landas parkir timur diperuntukkan pesawat berbadan lebar dengan kapasitas 8 untuk pesawat kelas Boeing 737 *Next Generations*(500, 800, dan 900ER) atau untuk 4 pesawat Boeing 767-300 atau Airbus 330-200.

4.3. Evaluasi Geometrik Fasilitas Sisi Udara

Berdasarkan kondisi eksisting fasilitas sisi udara bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin, dalam pengembangan fasilitas sisi udara salah satu yang menjadi bagian evaluasi fasilitas sisi udara adalah geometrik landas pacu, landas hubung keluar, landas hubung, dan landas parkir berdasarkan SKEP/77/VI/2005 yang disesuaikan dengan jenis pesawat yang frekuensi terbang/beroperasi paling tinggi di bandar udara ini ialah pesawat Boeing 737-900ER.

4.3.1 Evaluasi Geometrik Landas Pacu

Dalam melakukan evaluasi geometrik landas pacu, banyak hal yang perlu diperhatikan dalam evaluasi ini, antara lain ialah panjang landas pacu, lebar landas pacu, kemiringan efektif, arah landas pacu, Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP), serta komponen-komponen lainnya yang berdasarkan SKEP/77/VI/2005. Agar bandar udara ini mampu melayani operasional penerbangan dengan optimal, sehingga berdampak positif bagi pengguna fasilitas sisi udara dapat merasa aman dan nyaman.

Selain berdampak positif bagi pengguna operasional fasilitas sisi udara bandar udara ini, evaluasi geometrik ini juga meningkatkan kemampuan fasilitas sisi udara dalam melayani perkembangan jenis-jenis pesawat baru yang lebih besar.

4.3.1.1 Evaluasi Arah Landas Pacu (*Windrose Analysis*)

Analisis arah landas pacu diperlukan untuk mengetahui kondisi angin dan arah angin yang ada pada lokasi bandar udara tersebut, dan harus disesuaikan dengan persyaratan-persyaratan yang sudah ditetapkan bahwa sebuah landasan harus memiliki ketercakupan angin minimum sebesar 95% dari kejadian angin yang terjadi dari semua arah angin. Jika angka ini tidak tercapai, maka ada kemungkinan landasan harus dibuat lebih dari 1 dengan arah yang berbeda dengan dominan yang sama besarnya.

Berikut presentasi kejadian angin yang terjadi berdasarkan arah dan kecepatan, data ini merupakan rekapitulasi jumlah kejadian angin per arah dan kecepatan angin dari Januari 2000 s.d Desember 2011. Data tersebut bisa dilihat pada tabel 4.12 dibawah ini.

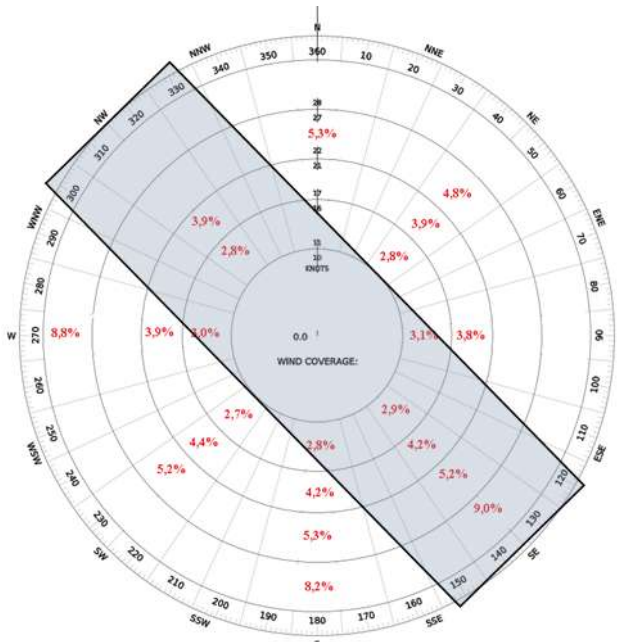
Tabel 4.12 Prosentase Kejadian Arah dan Kecepatan Angin

Arah	Kecepatan Angin (knot)					Total
	0-10	11-16	17-21	22-27	>28	
N	2,46%			0,25%		2,71%
NE	1,72%	0,99%	0,25%	0,25%		3,20%
E	0,49%	4,43%	4,43%			9,36%
SE	13,55%	6,90%	7,14%	5,91%	0,25%	33,74%
S	3,20%	5,67%	5,91%	0,25%	0,49%	15,52%
SW	4,43%	7,14%	0,74%	0,99%		13,30%
W	3,20%	5,17%	5,42%		0,25%	14,04%
NW	5,67%	2,22%	0,25%			8,13%
Jumlah	34,73%	32,51%	24,14%	7,64%	0,99%	100%

Sumber : Stasiun Meteorologi Syamsudin Noor Banjarmasin

Kemudian prosentase tersebut dimasukkan kedalam diagram analisis *windrose* beserta dengan arah landasan yang ingin di

analisis. Sebagai contoh sebagai berikut arah landasan azimuth 135° - 315° pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram *windrose* azimuth 135° - 315°

Dari hasil plot diagram tersebut didapatkan dengan menambahkan area yang tercakup oleh kawasan landasan dengan rekapitulasi hasil analisis ada pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Prosentase Hasil Analisis vs Arah Landas Pacu

Arah	Kecepatan Angin (knot)					Total
	0-10	11-16	17-21	22-27	>28	
0 - 180	34,7%	17,73%	6,75%	0,49%	0,49%	60,20%
45 - 225	34,7%	18,82%	11,23%	1,23%	0%	66,01%
90 - 270	34,7%	21,67%	10,64%	0%	0,25%	67,29%
100 - 280	34,7%	20,70%	12,81%	1,18%	0,25%	69,67%
135 - 315	34,7%	19,80%	10,54%	5,91%	0,25%	71,23%
175 - 355	34,7%	19,15%	8,13%	0,49%	0,49%	62,99%

= rekomendasi landas pacu 2

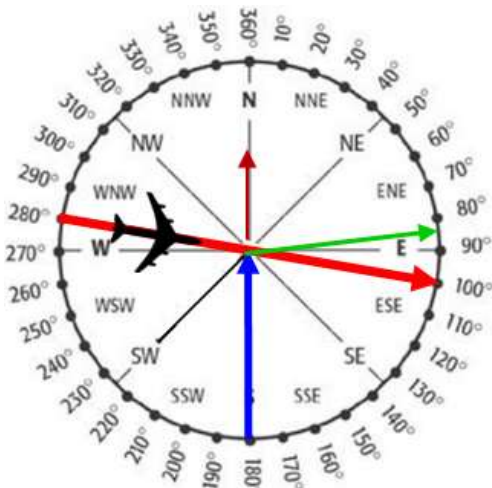
= eksisting

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, ketahui cakupan angin pada arah landasan eksisting 100-280 sangat rendah, artinya landas pacu hanya terpakai oleh pesawat sebesar 69,67% dengan landasan tidak digunakan sebesar 30,33%. Sangat besar untuk bandar udara pengumpul skala pelayanan sekunder. Jadi, berdasarkan hasil tersebut, diambil kesimpulan bahwa landasan Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin perlu di tambah dengan arah landasan pada azimuth 135-315 dengan prosentase landasan digunakan sebesar 71,23%, paling tinggi dari semua diagram analisis arah landasan.

Sebelum menetapkan hasil analisis arah landas pacu, perlu ditinjau juga dari aspek pengaruh angin samping (crosswind) terhadap arah landasan rencana. Pada analisis ini merekomendasikan landasan tidak digunakan apabila terjadi angin dari arah azimuth 180° atau arah Selatan menuju ke Utara, dari data riwayat angin yang terjadi pada arah tersebut paling tinggi kecepatan angin berhembus sebesar 45 knot. Hasil analisis *crosswind* bisa di lihat pada Tabel 4.14 dan Gambar 4.8.

Tabel 4.14 Hasil Analisis *Crosswind* dari Selatan (180°)

Runway Direction	100	- 280	Wind Speed		Resultant		Safety
Aircraft	Vapp	β	45	knot			
		180 °	α	from	Vres		
1	2	3	4	5	6	7	9
A320-200	137	44,32	18,9 °	R	145	knot	NOT SAFE
A330-300	130	44,32	19,9 °	R	138	knot	NOT SAFE
ATR42-300	120	44,32	21,7 °	R	129	knot	NOT SAFE
ATR42-500	110	44,32	23,8 °	R	120	knot	NOT SAFE
ATR72-500	113	44,32	23,1 °	R	123	knot	NOT SAFE
ATR72-600	113	44,32	23,1 °	R	123	knot	NOT SAFE
Boeing 737-300	130	44,32	19,9 °	R	138	knot	NOT SAFE
Boeing 737-400	137	44,32	18,9 °	R	145	knot	NOT SAFE
Boeing 737-800/NG	140	44,32	18,5 °	R	148	knot	NOT SAFE
Boeing 737-900ER	145	44,32	17,8 °	R	152	knot	NOT SAFE
Cessna 208 Caravan	61	44,32	46,6 °	R	89	knot	NOT SAFE

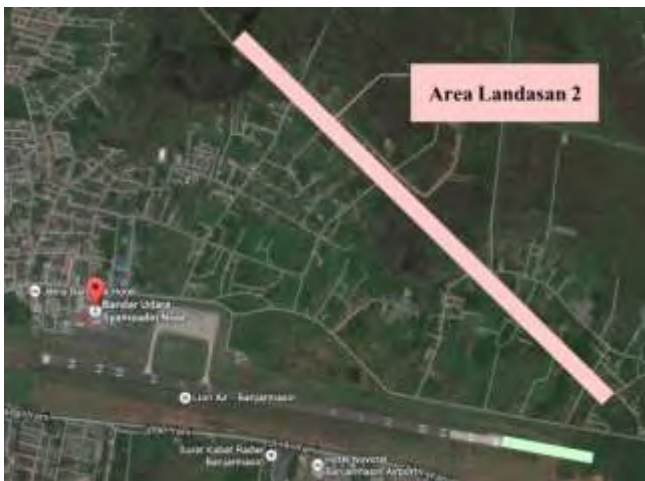


Gambar 4.8 Plot arah pesawat terhadap *crosswind*

Dari gambar 4.8 digambarkan arah landasan pada panah berwarna merah, angin samping (*crosswind*) ditunjukkan pada

panah berwarna biru, resultan arah yang terjadi pada panah berwarna hijau. Pada hasil tersebut dinyatakan bahwa pendaratan dan lepas landas tidak untuk dilakukan karena tidak aman bagi penerbangan.

Berdasarkan hasil analisis *Windrose* dan *Crosswind*, disimpulkan bahwa Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin harus memiliki landas pacu pada arah *azimuth* 100° - 280° dan 135° - 315° dengan penggunaan landas pacu dilaksanakan bergantian bergantung pada arah angin yang berhembus terhadap landasan menghasilkan sudut resultan yang kecil saat lepas landas maupun pendaratan. Berikut rekomendasi landasan 2 Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin dapat dilihat pada Gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar 4.9 Rekomendasi Letak Landasan 2 Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin

4.3.1.2 Perhitungan Cara Analitis Panjang Landas Pacu

Landas pacu bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin memiliki panjang sebesar 2.500 m dengan kemampuan saat ini

melayani pesawat terbang dengan frekuensi terbang tertinggi yaitu Boeing 737-900ER. Adapun Boeing 737-900ER memiliki karakteristik teknis sebagai berikut :

<i>Aeroplane Reference Field Length</i> (ARFL)	= 2.256 m
<i>Wingspan</i> (WS)	= 35,79 m
<i>Outer Main Gear Wheel Span</i> (OMGWS)	= 9 m
<i>Overall Length</i>	= 42,1 m
<i>Maximum Take-Off Weight</i> (MTOW)	= 85.130 kg
<i>Sumber : Boeing, 2013</i>	

Dari karakteristik tersebut maka kode untuk pesawat sesuai dengan ketentuan *Aerodrome Reference Code* yaitu 4C. Kode 4 untuk ARFL lebih besar dari 1.800 m. Sedangkan untuk huruf C berarti pesawat Boeing 737-900ER ini mempunyai lebar sayap sebesar 24 m s.d 36 m. Sedangkan untuk mengetahui panjang landas pacu yang sudah dikoreksi terhadap faktor lingkungan lokasi bandar udara, maka perlu dilakukan perhitungan koreksi ARFL pesawat terhadap temperatur, elevasi (ketinggian), dan kemiringan landasan (*slope*).

Data-data yang diperlukan untuk perhitungan ini adalah sebagai berikut :

- Temperatur lapangan rata-rata = 37° C
- Ketinggian lokasi dari muka air laut (mdpl) = 32,89 m
- Kemiringan landasan efektif = 0,8%

a. Koreksi terhadap temperatur

Faktor terkoreksi temperatur (Ft) untuk memperhitungkan panjang landasan harus terkoreksi terhadap temperatur sebesar 1% untk setiap kenaikan 1°C. Sedangkan untuk setiap kenaikan 1000 m dari permukaan air laut rata-rata, temperatur udara berkurang sebesar 6,5°C. Pada *Mean Sea Level* temperatur standar adalah 15°C. Data temperatur udara rata-rata tertinggi di

bandar udara Syamsudin Noor Banjarmasin sebesar 37°C. Maka perhitungan Ft adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_t &= 1 + 0.01 (T - (15 - 0.0065h)) \\
 &= 1 + 0,01 (37 - (15 - 0,0065 \times 19,812)) \\
 &= 1 + 0,01 (37 - (15 - 0,128778)) \\
 &= 1,2213
 \end{aligned}$$

b. Koreksi terhadap ketinggian (elevasi)

Menurut ICAO faktor koreksi terhadap elevasi (Fe), ARFL bertambah 7% setiap kenaikan 300 m (1.000 ft) dari ketinggian muka air laut. Maka rumus dari Fe Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_e &= 1 + 0.07 (h/300) \\
 &= 1 + 0,07 (19,812/300) \\
 &= 1 + 0,004623 \\
 &= 1,004623
 \end{aligned}$$

c. Koreksi terhadap kemiringan landasan efektif

Dalam perencanaan lapangan terbang, FAA memperkenalkan “*Gradient Effective*” yaitu beda tinggi antara titik terendah dengan titik tertinggi dari penampang memanjang landasan dibagi dengan panjang landasan yang ada. Faktor koreksi kemiringan (Fs) sebesar 10% setiap kemiringan 1%. Maka rumus dari Fs Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_s &= 1 + 0.1 S \\
 &= 1 + 0,1 (0,8\%)
 \end{aligned}$$

$$= 1,0008$$

Dari perhitungan koreksi diatas, maka dapat ditentukan panjang runway ter-koreksinya adalah sebagai berikut :

$$\text{ARFL} = \frac{Lr_0}{Fe \times Ft \times Fs}$$

$$2.256 \text{ m} = \frac{Lr_0}{1,0077 \text{ m} \times 1,2221 \text{ m} \times 1,0008 \text{ m}}$$

$$Lr_0 = 2.781 \text{ m} \approx 2.800 \text{ m}$$

Jadi, dari hasil perhitungan diatas didapatkan panjang landas pacu terkoreksi minimum saat pesawat terbang akan lepas landas (*take-off*) sebesar 2.800 m. Rencana pengembangan landas pacu bandar udara ini direncanakan penambahan panjang dari 2.500 m menjadi 3.000 m, sehingga panjang landas pacu yang direncanakan mampu melayani pesawat Boeing 737-900ER dengan kebutuhan panjang minimum landas pacu sebesar 2.800 m pada kondisi cuaca panas (lintasan normal).

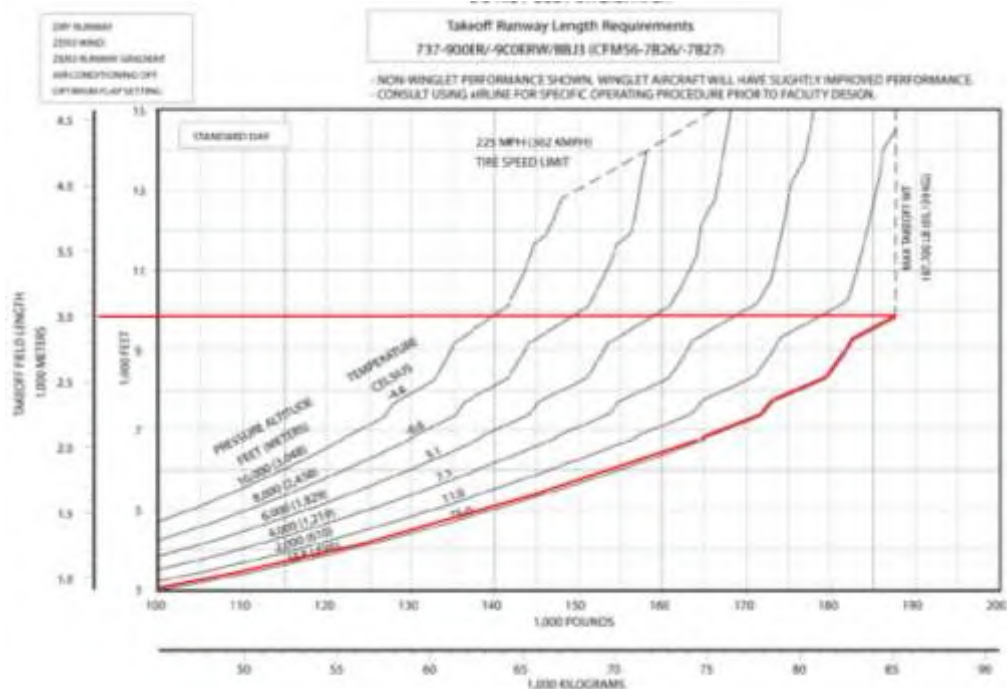
4.3.1.3 Perhitungan Cara Grafis Panjang Landas Pacu Lepas Landas (*Take Off*)

Berdasarkan hasil perhitungan cara analitis, perlu dibandingkan dengan perhitungan cara grafis yang sudah ditetapkan oleh beberapa pihak maskapai dengan melakukan perbandingan antara ARFL terhadap Berat Maksimum Lepas Landas (MTOW). Adapun data-data yang diperlukan untuk perhitungan tersebut sebagai berikut :

Jenis pesawat	= Boeing 737-900ER	
<i>Maximum Landing Weight</i>	= 157.300 lb	= 71.350 kg
<i>Allowance Slippery Pavement</i>	= 9,5%	
<i>Normal Maximum Temperature</i>	= 80°F	
Elevasi Bandar Udara	= 32.89 m	= 108 ft

Jarak Penerbangan Maksimal = 7.300 mil
Maximum Take-Off Weight = 187.700 lb = 85.130 kg
Kemiringan gradien efektif = 0,8%
Sumber : Boeing 737 Next Generation Specifications,
www.wikipedia.com/22-04-2016

Berdasarkan data diatas diketahui MTOW Boeing 737-900ER sebesar 85.130 kg. Sehingga berdasarkan grafik *Take Off Field Length* terhadap *Maximum Take Off Weight* diketahui kebutuhan panjang landas pacu yang diperlukan pesawat ini untuk lepas landas dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Panjang Landas Pacu Landas Boeing 737-900ER

Sumber : Boeing, 2013

Panjang landas pacu lepas landas dari gambar 4.10 didapatkan sebesar 3.000 m atau 9.842,52 ft. Dari hasil analisis grafis tersebut perlu dikoreksi kembali terhadap kemiringan gradien efektif sebesar 0,8%. Serta kemiringan gradien efektif landas pacu setiap 1% untuk pesawat bermesin turbojet panjang landas pacu ditambahkan 10% dan pesawat bermesin piston atau turboprop sebesar 20%.

$$\text{Koreksi mesin} = (0,8\%/1) \times 10\% = 0,0008.$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang landas pacu terkoreksi} &= 3.000 \text{ m} \times 0,0008 \\ &= 3.002,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Koreksi gradien efektif} = 1,0008$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang landas pacu terkoreksi Fs} &= 3.002,5 \text{ m} \times 1,0008 \\ &= 3.005 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang landas pacu juga kembali dikoreksi terhadap akibat *Slippery Pavement* sebesar 9,5% (kemungkinan terjelek dipakai sebagai dasar menentukan nilai *slippery pavement* pada saat landas pacu diguyur hujan).

$$\text{Koreksi} = 9,5\% \times 3.005 \text{ m} = 286 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang landas pacu terkoreksi} &= 3.005 \text{ m} + 286 \text{ m} \\ &= 3.291 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, kebutuhan panjang landas pacu lepas landas (*takeoff*) melebihi panjang rencana pengembangan fasilitas sisi udara bandar udara ini, sehingga untuk memenuhi panjang landas pacu lepas landas (*takeoff*) diperlukan revisi terhadap Berat Maksimum Lepas Landas (MTOW) dengan melihat jarak penerbangan terjauh dan kapasitas penumpang yang diangkut.

Dari jadwal dan rute penerbangan yang beroperasi di bandar udara ini, didapatkan rute terjauh adalah rute penerbangan Banjarmasin – Cengkareng, Jakarta dengan jarak sebesar 947,16 km atau 588,54 mil. Dengan perhitungan kebutuhan bahan bakar terhadap jarak tempuh, maka bisa dihitung Berat Maksimum Lepas Landas terkoreksi sebagai berikut :

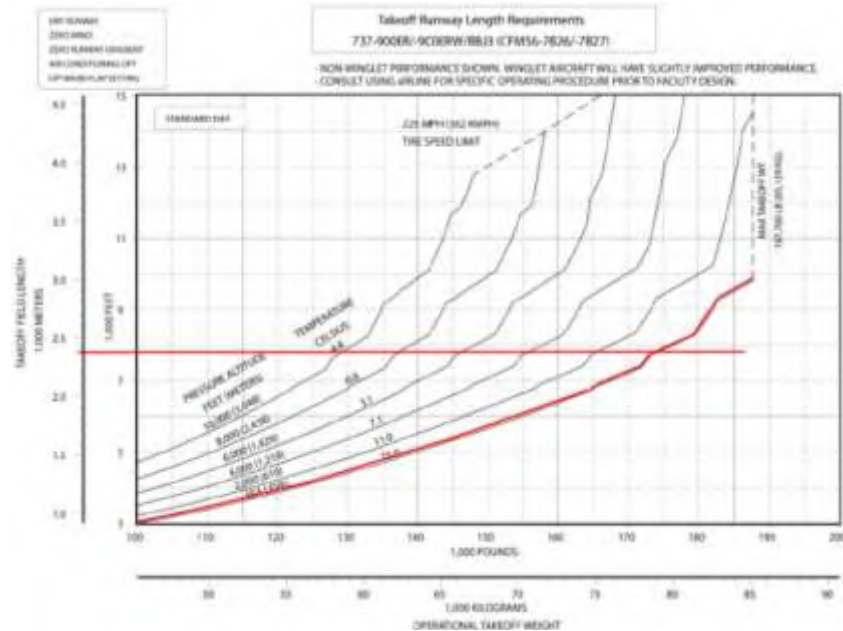
$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Tempuh} &= 947,16 \text{ km} \\
 \text{Bahan bakar/km} &= 3,42 \text{ kg/km} \\
 \text{Berat jenis Avtur} &= 0,804 \text{ kg/Liter} \\
 \text{Bahan bakar 947,16 km} &= 3.239,287 \text{ kg} \\
 &= 4.028,964 \text{ Liter} \\
 \text{Bahan bakar 1 rute terbang} &= 4 \times \text{bahan bakar 947,16 km} \\
 &= 4 \times 3.239,287 \text{ kg} \\
 &= 12.957,15 \text{ kg} \\
 &= 16.115,86 \text{ Liter}
 \end{aligned}$$

Dengan kapasitas penumpang pesawat Boeing 737-900ER sebanyak 220 pax, berat penumpang/kursi sebesar 120 kg, dan keterisian penumpang (*Load Factor*) dalam satu rute penerbangan sebanyak 80%. Maka, berat penumpang dapat diketahui sebesar sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kursi} &= 220 \text{ kursi} \\
 \text{Load Factor} &= 0,8 \\
 \text{Berat penumpang/kursi} &= 120 \text{ kg/kursi} \\
 \text{Berat penumpang total} &= (220 \text{ kursi} \times 0,8) \times 120 \text{ kg/kursi} \\
 &= 21.120 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Berat kosong pesawat diketahui sebesar 44.676 kg, sehingga Berat Maksimum Lepas Landas terkoreksi dapat dihitung dengan hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Kosong Pesawat} &= 44.676 \text{ kg} \\
 \text{Berat Penumpang} &= 21.120 \text{ kg} \\
 \text{Berat Bahan Bakar} &= 12.957,15 \text{ kg} \\
 \text{Berat Maksimum Lepas Landas} &= \text{Berat Kosong} + \text{Berat} \\
 &\text{Penumpang} + \text{Berat Bahan Bakar} \\
 \text{Berat Maksimum Lepas Landas} &= 78.750 \text{ kg}
 \end{aligned}$$



Panjang landas pacu lepas landas dari gambar 4.11 didapatkan sebesar 2.390 m atau 7.841,21 ft. Dari hasil analisis grafis tersebut perlu dikoreksi kembali terhadap kemiringan gradien efektif sebesar 0,8%. Serta kemiringan gradien efektif landas pacu setiap 1% untuk pesawat bermesin turbojet panjang landas pacu ditambahkan 10% dan pesawat bermesin piston atau turboprop sebesar 20%.

$$\text{Koreksi mesin} = (0,8\%/1) * 10\% = 0,0008.$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang landas pacu terkoreksi} &= 2.390 \text{ m} \times 0,0008 \\ &= 2.581 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Koreksi gradien efektif} = 1,0008$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang landas pacu terkoreksi } F_s &= 2.581 \text{ m} \times 1,0008 \\ &= 2.584 \text{ m}\end{aligned}$$

Panjang landas pacu juga kembali dikoreksi terhadap akibat *Slippery Pavement* sebesar 9,5% (kemungkinan terjelek dipakai sebagai dasar menentukan nilai *slippery pavement* pada saat landas pacu diguyur hujan).

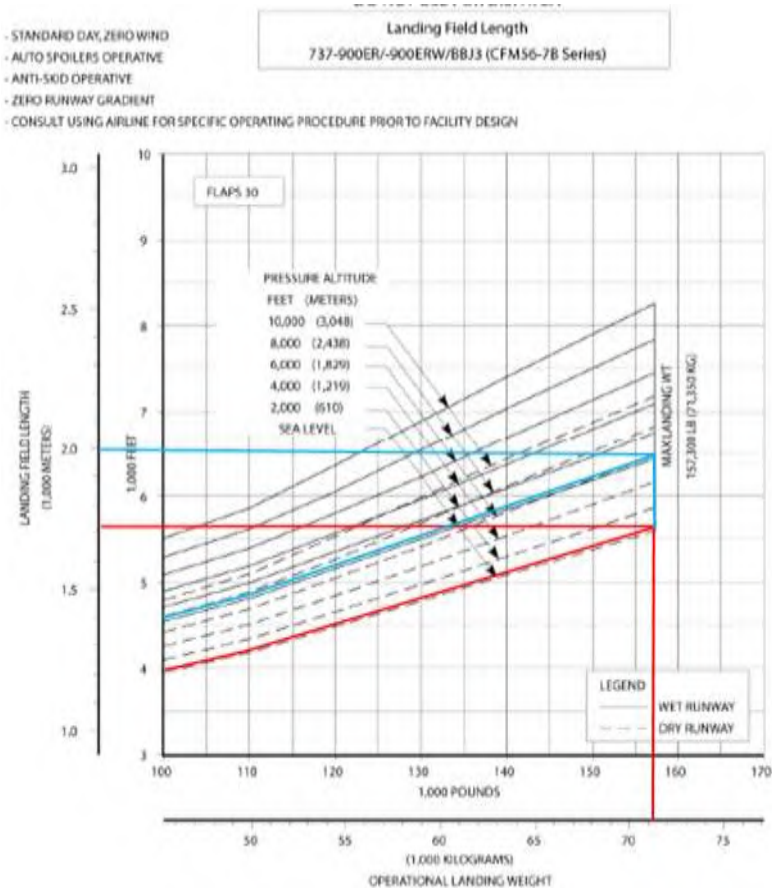
$$\text{Koreksi} = 9,5\% \times 2.584 \text{ m} = 245,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang landas pacu terkoreksi} &= 2.584 \text{ m} + 245,5 \text{ m} \\ &= 2.829,5 \text{ m} \\ &= 2.830 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga, pesawat Boeing 737-900ER untuk dapat lepas landas dengan landas pacu yang tersedia sebesar 3.000 m, berat maksimum lepas landas harus $< 78.750 \text{ kg}$.

4.3.1.4 Perhitungan Cara Grafis Panjang Landas Pacu Pendaratan (*Landing*)

Berdasarkan data diatas diketahui MLW Boeing 737-900ER sebesar 75.350 kg. Sehingga berdasarkan grafik *Landing Field Length* terhadap *Maximum Landing Weight* diketahui kebutuhan panjang landas pacu yang diperlukan pesawat ini untuk lepas landas dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Panjang Landas Pacu Pendaratan Boeing 737-900ER

Sumber : Boeing, 2013

Dari gambar 4.12 didapatkan panjang landas pacu pendaratan dengan 2 kondisi pendaratan yaitu pendaratan landas pacu kering (*dry*) dengan panjang sebesar 1.710 m atau 5.611 ft. Dan pendaratan saat landas pacu basah (*wet*) dengan panjang

sebesar 1.998 m atau 6.555 ft. Dari hasil grafis tersebut dikoreksi kembali terhadap gradien efektif (F_s) dan penambahan panjang landas pacu setiap gradien efektif landas pacu 1% dengan melihat mesin pesawat turbojet sebesar 10% dan 20% untuk pesawat piston atau turboprop.

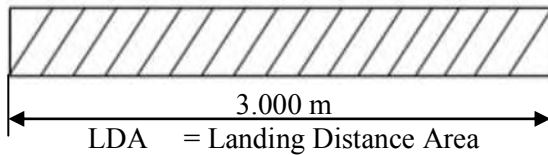
$$\begin{aligned}
 \text{Koreksi mesin} &= (0,8\%/1) \times 10\% &= 0,0008. \\
 \text{landas pacu kering terkoreksi} &= 1.710 \text{ m} \times 0,0008 \\
 &= 1.850 \text{ m} \\
 \text{landas pacu basah terkoreksi} &= 1.998 \text{ m} \times 0,0008 \\
 &= 2.160 \text{ m} \\
 \text{Koreksi gradien efektif} &= 1,0008 \\
 \text{landas pacu kering terkoreksi} &= 1.850 \text{ m} \times 1,0008 \\
 &= 1.851 \text{ m} \\
 \text{landas pacu basah terkoreksi} &= 2.160 \text{ m} \times 1,0008 \\
 &= 2.162 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Panjang landas pacu juga kembali dikoreksi terhadap akibat *Slippery Pavement* sebesar 9,5% (kemungkinan terjelek dipakai sebagai dasar menentukan nilai *slippery pavement* pada saat landas pacu diguyur hujan).

$$\begin{aligned}
 \text{Koreksi} &= 9,5\% \times 2.162 \text{ m} &= 206 \text{ m} \\
 \text{Panjang landas pacu terkoreksi} &= 2.162 \text{ m} + 206 \text{ m} \\
 &= 2.368 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.3.1.5 Perencanaan Dimensi Landas Pacu berdasarkan SKEP/77/VI/2005

Dari perhitungan panjang landas pacu diatas didapatkan panjang landas pacu minimum yaitu sebesar 2.830 m dengan MTOW terkoreksi sebesar 79.750 kg. Sehingga pesawat terbang Boeing 737-900ER masih dapat beroperasi dengan optimal dengan ketersediaan panjang runway 3.000 m baik itu saat lepas landas maupun saat pendaratan.



a. Lebar Perkerasan Landas Pacu

Berdasarkan kode ARC (*Aerodrome Reference Code*), maka untuk menentukan lebar landas pacu minimum, ICAO memberikan pedoman untuk pesawat Boeing 737-900ER dengan kode ARC yaitu 4C, seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.15 Lebar Landas Pacu berdasarkan Kode ARC

Kode Nomor	Kode Huruf					
	A	B	C	D	E	F
1a	18 m	18 m	23 m			
2	23 m	23 m	30 m			
3	30 m	30 m	30 m	45 m		
4			45 m	45 m	45 m	60 m

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

Sehingga lebar landas pacu minimum adalah sebesar 45 m (150 feet).

b. Lebar Bahu Landas Pacu

Bahu landas pacu adalah area pembatas pada akhir tepi perkerasan landas pacu yang dipersiapkan menahan erosi hembusan jet dan menampung peralatan untuk pemeliharaan dan keadaan darurat serta untuk penyediaan daerah peralihan antara bagian perkerasan dan jalur landas pacu. Bahu landasan harus dibuat secara simetris pada masing-masing sisi dari landas pacu dan kemiringan melintang maksimum pada permukaan bahu

landasan pacu 2,5%. Lebar bahu landasan juga berdasarkan Kode ARC yang dapat dilihat pada Tabel 4.16 dibawah ini.

Tabel 4.16 Lebar Bahu Landasan (*Runway Shoulder*)

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Lebar shoulder (m)	Kemiringan maksimum shoulder (%)
C	III	6	2,5

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

Sehingga lebar bahu landasan didapatkan sebesar 6 m pada kedua sisi landasan dan kemiringan bahu sebesar 2,5%.

c. Area Berputar (*Turning Area*)

Area berputar adalah bagian dari landas pacu yang digunakan untuk lokasi pesawat melakukan gerakan memutar baik untuk membalik arah pesawat, maupun gerakan pesawat saat akan parkir di landas parkir. Setiap landasan harus dilengkapi dengan area berputar di beberapa titik landas pacu, lebar dari area berputar harus terbebas dari rintangan terutama roda pesawat yang menggunakan landas pacu. Adapun jarak minimum yang diatur dalam tabel 4.17 dibawah ini.

Tabel 4.17 Area Berputar (*Turning Area*)

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Jarak maksimum antara roda dan tepi putaran (m)
C	III	4,5

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

Jadi, area berputar untuk bandar udara ini adalah masuk penggolongan pesawat III dengan jarak minimum antara roda dan tepi putaran 4,5 m.

d. Kemiringan Memanjang Maksimum Landas Pacu

Seluruh kemiringan memanjang landas pacu ditentukan dengan membagi perbedaan antara maksimum dan minimum elevasi sepanjang garis tengah runway dengan panjang runway, maksimum kemiringannya diatur dalam tabel 4.18 dibawah ini.

Tabel 4.18 Kemiringan memanjang maksimum landas pacu

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Runway Gradient (m)	Pada Bagian Landasan (%)	1/4 dari ujung Landasan (%)	Jarak tampak pada jarak min 1/2 Landasan (m)
C	III	≤ 2	$\leq 1,5$	$\leq 0,8$	2

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

Dengan kondisi eksisting kemiringan memanjang landas pacu sebesar 0,8% memenuhi kriteria golongan pesawat III dengan gradien landas pacu ≤ 1 m, pada bagian landasan $\leq 1,5$, seperempat dari ujung landasan $\leq 0,8$ %.

e. Kemiringan Melintang Landas Pacu

Kemiringan melintang pada beberapa bagian dari landasan pacu cukup memadai untuk menghindari penambahan air dan harus disesuaikan dengan tabel 4.19 dibawah ini.

Tabel 4.19 Kemiringan Melintang Landas Pacu

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Preferred Slope (%)	Minimum Slope (%)	Maksimum Slope (%)
C	III	1,5	1	2

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

Dengan golongan pesawat IV maka kemiringan minimum sebesar 1% dan maksimum sebesar 2%.

f. Jarak Pandang (*Sight Distance*)

Jarak pandang minimum diatur dalam tabel 4.21 dibawah ini.

Tabel 4.20 Jarak Pandang Minimum Landas Pacu

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Jarak pandang pada jarak minimum 1/2 runway (m)
C	III	3

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

g. Jalur Landas Pacu (*Runway Strips*)

Jalur landas pacu adalah luasan bidang tanah yang menjadi daerah landas pacu yang penentuannya tergantung pada panjang landas pacu dan jenis instrumen pendaratan (*precission approach*) yang dilayani. Jalur landas pacu diatur berdasarkan ARC (*Aerodrome Reference Code*) yang diatur dalam tabel 4.21.

Tabel 4.21 Jalur Landas Pacu

No.	Uraian	Kode Huruf
		C
1	Lebar minimum termasuk landasan (Ws)	300
	Landasan instrument (m) Pendekatan presisi	
2.	Permukaan Strip : Tidak boleh ada benda-benda, kecuali alat bantu visual untuk navigasi udara pada strip	120
	Landasan instrument (m) Kategori III	
3	Lebar minimum yang diratakan termasuk landasan (m)	150
	Landasan instrument (m)	
4	Kemiringan memanjang (%)	1,75
	maksimum yang diratakan	
5	kemiringan melintang (%)	< 2,5
	maksimum yang diratakan	

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

h. Jalur Untuk Berhenti (*Stopway*)

Untuk lebar *stopway* sama dengan lebar landas pacu, dalam hal ini diatur panjang dan kemiringannya yang tercantum pada tabel 4.22 dibawah ini.

Tabel 4.22 Jalur untuk berhenti

Kode Huruf	Penggolongan Pesawat	Lebar Stopway (m)	Panjang Stopway (m)	Kemiringan Stopway (%) / (m)
C	III	30	60	0,3 per 30

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

Jadi, panjang jalur untuk berhenti sebesar 60 m dengan kemiringan 0,3 setiap 30 m, dengan lebar 45 m (mengikuti lebar landas pacu).

i. Holding Bay

Area yang terletak pada pertemuan landas pacu dengan landas hubung, digunakan sebagai area pesawat menunggu perintah lepas landas sebelum masuk ke area landas pacu. Hal ini diatur dalam tabel 4.23 dibawah ini.

Tabel 4.23 Dimensi *Holding Bay*

Uraian	Kode Huruf / Penggolongan Pesawat
	C
Jarak ruang bebas antara pesawat yang parkir dengan pesawat yang bergerak di taxiway (m)	7,5 - 12
Jarak minimum antara holding bay dengan garis tengah landasan	75
Landasan Instrument (m)	

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

j. Runway End Safety Area (RESA)

Dalam SKEP/77/VI/2005 diatur untuk bandar udara dengan kode nomor 3 dan 4 panjang minimum RESA sebesar 90 m, sedangkan untuk kondisi tertentu (lainnya) panjang minimum 60 m. Penjelasan lebih lengkap ada pada tabel 4.24 dibawah ini.

Tabel 4.24 Dimensi RESA

Uraian	Kode Huruf / Golongan Pesawat
	C/III
Jarak minimum antara holding bay dengan garis tengah landasan	
a. Landasan instrumen (m)	90
b. Landasan non-instrumen (m)	90
Lebar minimum (m) atau (2 kali lebar runway	30
kemiringan memanjang maksimum (%)	5
kemiringan melintang maksimum (%)	5

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

Jadi, dimensi RESA Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin adalah sebagai berikut :

1. Jarak minimum antara holding bay dengan garis tengah landasan = 90 m
2. Lebar minimum (2x lebar landas pacu) = 2 x 45 m
3. Kemiringan memanjang maksimum = 5%
4. Kemiringan melintang maksimum = 5%

k. Jalur Bebas (*Clearway*)

Jalur bebas adalah daerah berbentuk empat persegi panjang di atas tanah atau air dibawah pengawasan bandar udara. Disediakan dan dipilih untuk keperluan pesawat apabila pesawat mengalami kegagalan pada saat *initial to climb*. Dalam *Annex 14- Aerodromes Chapter 3 Physical Characteristic point 3.6.1* dikatakan bahwa origin/permulaan dari *Clearway* dimulai dari akhir *Take Off Run Available*.

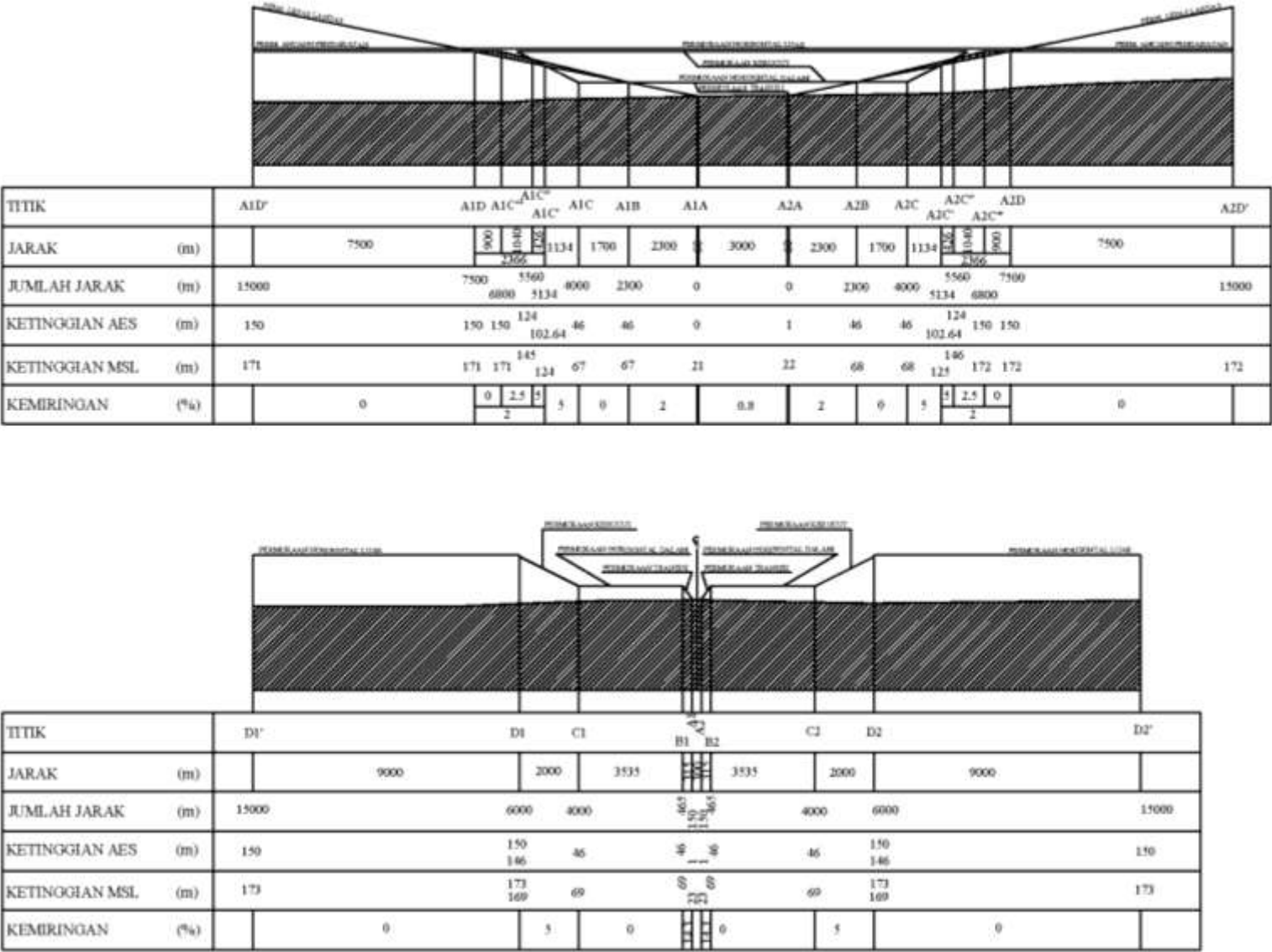
Berdasarkan ICAO *Annex 14* pasal 3.6.2 ; 3.6.3 ; 3.6.4, maka didapat :

- a. Panjang jalur bebas (*clearway*) tidak melebihi setengah *take off run available*. Dalam perencanaan ini panjang *Clearway* direncanakan $0,5 \times 3.000 \text{ m} = 1.500 \text{ m}$.
- b. Lebar *Clearway* minimum adalah 75 m untuk masing-masing sisinya. Dalam perencanaan ini, diambil lebar *clearway* sebesar 75 m di masing-masing sisi landas pacu, sehingga total lebar *Clearway* sebesar $2 \times 75 \text{ m} = 150 \text{ m}$.
- c. *Slope on Clearway*, dari *Aerodrome Design Manual* diambil nilai 1,25%.

4.3.1.6 Evaluasi Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP)

Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan atau *Obstacle Limitation Surface* direncanakan untuk mengurangi resiko kecelakaan dengan meletakkan ruang maya di sekitar bandar udara yang membatasi daerah sekitarnya dari halangan yang dapat mengganggu pesawat pada saat akan melakukan aktivitas lepas landas, pendaratan, atau saat melakukan manuver di udara. Desain Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) ini berdasarkan SKEP/76/VI/2005 lampiran 1 halaman 59 tentang Spesifikasi *Obstacle Limitation Surface* untuk Landas Pacu

3. Titik referensi ketinggian semua titik pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan. Ketinggian semua titik pada Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan ditentukan terhadap ketinggian ambang landasan 28 untuk kondisi eksisting dan pengembangan, sebagai referensi yaitu ketinggian +0,000 m AES atau ketinggian + 19,812 m di atas permukaan laut rata-rata (MSL).



Gambar 4.13 Potongan Memanjang dan Melintang Batas-Batas Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Bandar Udara Syamsudin Noor

Batas-batas ketinggian kawasan pada setiap landasan diatur berdasarkan SNI 03-7112-2005 dengan perencanaan terhadap Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin sebagai berikut :

1. Batas-batas Ketinggian pada Kawasan Pendekatan dan Lepas Landas
 - a. Batas-batas ketinggian pendekatan landasan 28 dan 32 dari ujung permukaan utama pada ketinggian ambang + 5,25 m AES (+ 25,062 m MSL) dengan kemiringan 2,0% sampai jarak mendatar 2.300 m pada ketinggian + 46 m (+ 65,812 m MSL).
 - b. Batas-batas ketinggian pada kawasan Lepas Landas landasan 28 dan 32 ditentukan dengan kemiringan dan jarak melalui perpanjangan garis tengah landasan untuk kondisi eksisting maupun pengembangan.

Tabel 4.25 Daftar Batas-Batas Ketinggian pada Kawasan Lepas Landas Landas Pacu 28 dan 32 Pola Pengembangan

	Jarak	Kemiringan	Tinggi AES	Tinggi MSL
Bagian pertama	2300	2%	+ 46 m	+ 65,812 m
Bagian kedua	1700	0%	+ 46 m	+ 65,812 m
Bagian ketiga	1134	5%	+ 102 m	+ 121,812 m
Bagian keempat	2366	2%	+ 150 m	+ 169,812 m
Bagian kelima	7500	0%	+ 150 m	+ 169,812 m

- c. Batas-Batas ketinggian kawasan Pendekatan dan Lepas Landas Landasan 10 dan 14 ditentukan dengan kemiringan dan jarak melalui perpanjangan garis tengah landasan untuk kondisi eksisting maupun pola pengembangan

Tabel 4.26 Daftar Batas-Batas Ketinggian pada Kawasan Lepas Landas Landas Pacu 10 dan 14 Pola Pengembangan

	Jarak	Kemiringan	Tinggi AES	Tinggi MSL
Bagian pertama	2300	2%	+ 46 m	+ 65,812 m
Bagian kedua	1700	0%	+ 46 m	+ 65,812 m
Bagian ketiga	1134	5%	+ 102 m	+ 121,812 m
Bagian keempat	2366	2%	+ 150 m	+ 169,812 m
Bagian kelima	7500	0%	+ 150 m	+ 169,812 m

2. Batas-Batas Ketinggian pada Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan

Batas-batas ketinggian pada Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan untuk kondisi eksisting maupun pola pengembangan ditentukan :

- Kemiringan 2% arah ke atas dan keluar dimulai dari ujung permukaan utama
- Ketinggian akhir menurut sistem ketinggian Bandar Udara (AES) + 46 m dari ambang landasan 28 atau + 65,812 m di atas permukaan laut.
- Jarak mendatar 3.000 m melalui perpanjangan garis tengah landasan.

3. Batas-batas Ketinggian pada Kawasan di Bawah Permukaan Transisi

Batas-batas ketinggian pada Kawasan di Bawah Permukaan Transisi untuk kondisi eksisting maupun pola pengembangan ditentukan oleh kemiringan 14,3% (14,3 persen) arah ke atas dan keluar, dimulai dari sisi panjang dan pada ketinggian yang sama seperti Permukaan Utama dan Permukaan Pendekatan Menerus sampai memotong Permukaan Horisontal Dalam pada ketinggian + 46 m AES (+ 65,812 m MSL).

4. Batas-batas Ketinggian pada Kawasan di Bawah Permukaan Horisontal Dalam

Batas-batas ketinggian pada Kawasan di Bawah Permukaan Horisontal Dalam untuk kondisi eksisting maupun pola pengembangan ditentukan oleh + 46 m di atas datum atau + 46 m di atas ketinggian ambang landasan 10.

5. Batas-batas Ketinggian pada Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut

Batas-batas ketinggian pada Kawasan di Bawah Permukaan Kerucut untuk kondisi eksisting maupun pola pengembangan ditentukan oleh kemiringan 5% (lima persen) arah ke atas dan keluar, dimulai dari tepi luar Kawasan di Bawah Permukaan Horisontal Dalam pada Ketinggian = 46 m AES (+ 65,812 m MSL) sampai memotong permukaan Horisontal Luar pada ketinggian + 146 m AES (+ 165,812 m MSL).

4.3.2 Evaluasi Letak Landas Hubung Keluar

Letak landas hubung keluar suatu bandar udara sangat berpengaruh terhadap waktu penggunaan landas pacu oleh satu pesawat. Adapun letak landas hubung keluar eksisting bisa dilihat pada gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.14 Letak Landas Hubung Keluar A, B, C, dan D

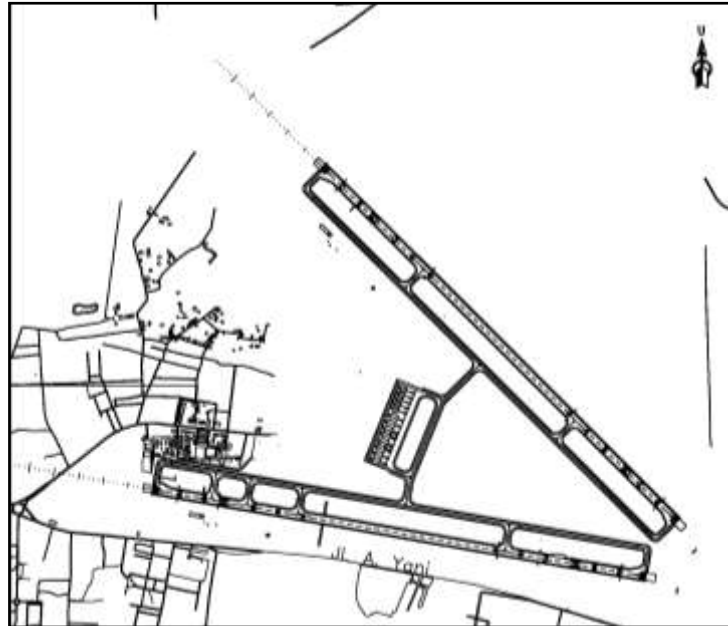
Dalam pengembangannya landas hubung keluar direncanakan ditambah pada ujung landasan pada STA 3+000

dengan landas hubung keluar sudut 90° . Berikut hasil perhitungan letak landas hubung keluar dapat dilihat pada tabel 4.27.

Tabel 4.27 Letak Landas Hubung Keluar per Jenis Pesawat

Jenis Pesawat	V1	V2	D2	S koreksi
	m/dt	m/dt	m	m
Airbus A320-300	70,47828	6,7056	1640,741	2526
Airbus A330-300	66,8772	6,7056	1475,865	2322
ATR42-300	61,7328	6,7056	1255,325	2049
ATR42-500	56,5884	6,7056	1052,427	1798
ATR72-600	58,13172	6,7056	1111,444	1871
ATR72-500	58,13172	6,7056	1111,444	1871
Boeing 737-300	66,8772	6,7056	1475,865	2322
Boeing 737-400	70,47828	6,7056	1640,741	2526
Boeing 737-800NG	72,0216	6,7056	1714,049	2617
Boeing 737-900ER	74,5938	6,7056	1839,757	2772
Cessna 208 Caravan	48,8718	6,7056	781,1626	1462

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa kebutuhan landas hubung keluar pada STA 2+200 agar pesawat yang jarak pendaratannya dibawah 2.200 m dan STA 3+000 untuk pesawat dengan jarak pendaratan di atas 2.200 m. Landas hubung keluar ini agar pesawat bisa segera keluar dari landasan pacu, dan landas pacu bisa digunakan untuk aktifitas lepas landas oleh pesawat yang sudah menunggu berada di *Holding Bay*. Adapun lokasi yang dimaksud dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Letak Landas Hubung Keluar Landasan 1 dan Landas Hubung Keluar Landasan 2

4.3.3 Evaluasi Geometrik Landas Hubung

Landas hubung berdasarkan AC.FAA-150/5300-13A desain perencanaan geometriknya mengacu pada *Airplane Design Group* (ADG) berdasarkan jenis pesawat udara yang beroperasi secara frekuensi paling tinggi, yang kemudian dari ADG diterjemahkan menjadi *Taxiway Design Group* (TDG). Pada Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin pesawat desain ini ialah pesawat udara Boeing 737-900ER, dengan *Airplane Design Group* (ADG) termasuk kategori III dan *Taxiway Design Group* (TDG) merupakan kategori 3.

Pada sub bab 4.3.2 sudah didapatkan kebutuhan landas hubung keluar yang diperlukan, pada sub bab ini diketahui kebutuhan panjang dan lebar dari landas hubung tersebut serta landas hubung paralel sebagai penghubung antara landasan 10-28 dengan landas parkir timur serta landasan 14-32 dengan landas parkir timur. Dengan jenis landas hubung keluar yang sama yaitu jenis sudut 90° , maka desain standar berdasarkan ADG dapat dilihat pada tabel 4.28 dan 4.29.

Tabel 4.28 Desain Standar berdasarkan ADG

TAXIWAY PROTECTION		
TSA	36	m
Taxiway OFA	57	m
Taxilane OFA	49	m
TAXIWAY SEPARATION		
Taxiway Centreline to Parallel Taxiway/Taxilane	46,5	m
Taxiway Centreline to Fixed or Movable Object	28,5	m
Taxilane Centreline to Parallel Taxilane Centreline	42,5	m
Taxilane Centreline to Fixed or Movable Object	24,5	m
WINGTIP CLEARANCE		
Taxiway Wingtip Clearance	10,5	m
Taxilane Wingtip Clearance	6,5	m

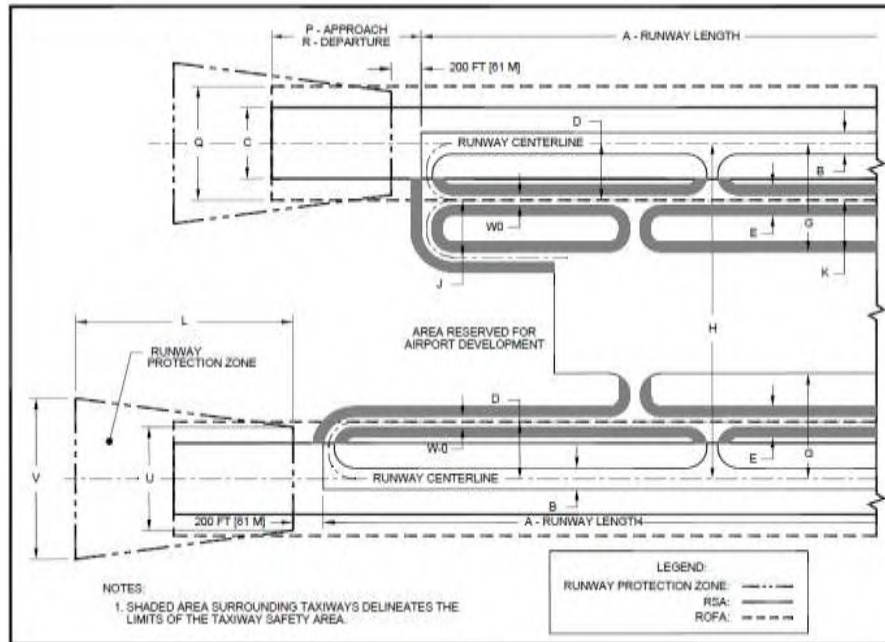
Sumber : FAA, 2013

Tabel 4.29 Desain Standar berdasarkan TDG

Taxiway Width	15	m
Taxiway Edge Safety Margin	3	m
Taxiway Shoulder Width	6	m
Taxiway/Taxilane Centreline to Parallel Taxiway/Taxilane w/ 180 degree turn	Tabel 4.31	
TAXIWAY FILLET DIMENSIONS	Tabel 4.30	

Sumber : FAA, 2013

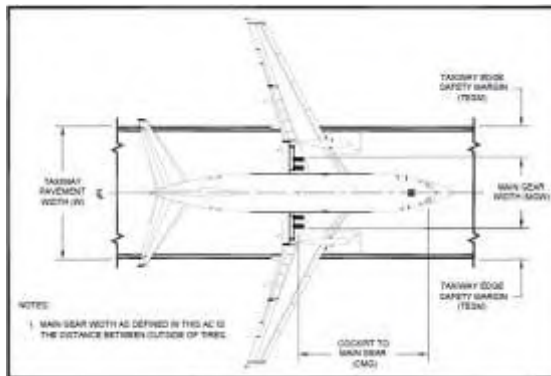
Untuk bagian-bagian desain standar ini dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16 Layout Tipikal Bandar Udara

Sumber : FAA, 2013

Sedangkan yang dimaksud dengan TESM dapat dilihat pada gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.17 Detail *Taxiway Edge Safety Margin*(TESM)

Sumber : FAA, 2013

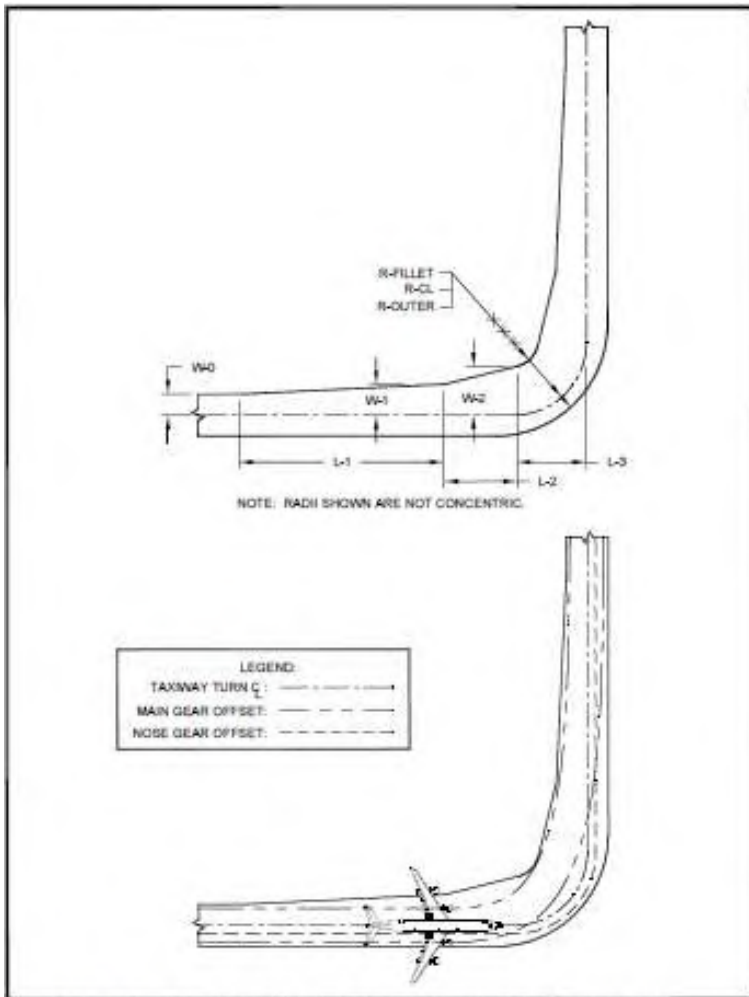
Standar detail persimpangan untuk *Taxiway Design Group* (TDG) kategori 3 dapat dilihat pada tabel 4.30.

Tabel 4.30 Standar Detail Persimpangan untuk TDG kategori 3

Δ (degrees)	90	°
W-0	7,62	m
W-1	10,06	m
W-2	16,46	m
L-1	53,34	m
L-2	24,38	m
L-3	16,46	m
R-Fillet	0	m
R-CL	18,29	m
R-Outer	25,91	m

Sumber : FAA, 2013

Penjelasan tabel 4.30 dapat dilihat pada gambar 4.18 dibawah ini,



Note: Offsets are shown in one direction, but offsets, and therefore fillets, are symmetrical.

Gambar 4.18 Belokan Landas Hubung - 90°

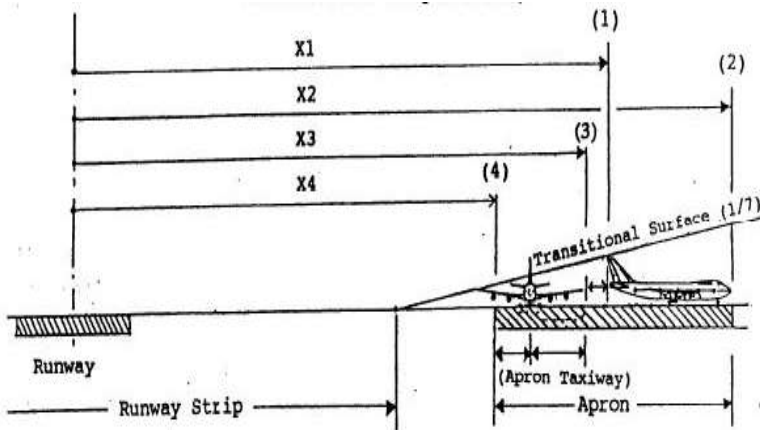
Sumber : FAA, 2013

Standar jarak antara landas pacu dengan landas hubung. Pemisahan jarak antara garis tengah dari landas hubung dan garis tengah dari landas pacu, garis tengah sejajar landas pacu memiliki dimensi minimum yang spesifik dalam tabel berikut, kecuali untuk operasi dengan jarak pemisahan yang rendah diijinkan dan jika pemisahan jarak lebih rendah cenderung tidak mempengaruhi keamanan dalam operasi penerbangan. Adapun dimensi yang direncanakan pada tabel 4.31 dibawah ini.

Jarak Antara Garis Tengah Taxiway Dan Garis Tengah Runway (m)				
Penggolongan Pesawat	Landasan Instrumen	Garis Tengah Taxiway pada Garis Tengah Taxiway (m)	Garis Tengah Taxiway pada Suatu Obyek Tetap (m)	Pesawat Udara yang berada di garis tengah Taxiway dengan objek tetap (m)
	3			
C / III	168	44	26	24,5

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

Penjelasan lebih detail mengenai jarak antara landas pacu, landas hubung, dan landas parkir digambarkan pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Jarak Antara Landas Pacu, Landas Hubung, dan Landas Parkir

Sumber : Dirjen Perhubungan Udara, 2005

Posisi masing-masing di parkir pesawat dari garis tengah landas pacu diatur sebagai berikut :

- X1= posisi maksimum dari ekor pesawat sampai garis tengah landas pacu
- X2= posisi dari garis tengah landas pacu sampai bangunan terminal
($X2 = X1 + \text{panjang maksimum pesawat}$)
- X3= posisi ujung sayap pesawat yang berada disisi bangunan terminal sampai garis tengah landas pacu
($X3 = X1 - \text{jarak antar dua pesawat}$)
- X4= posisi ujung dari parkir pesawat sampai dengan garis tengah landas pacu
($X4 = X3 - \text{Lebar maksimum pesawat} / 2$)

4.3.4 Evaluasi Geometrik Landas Parkir

Berdasarkan data eksisting landas parkir Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin memiliki 2 landas parkir yaitu dengan dimensi sebagai berikut :

1. Landas Parkir Barat
 - Jumlah Gerbang = 8 gerbang Boeing 735
 - Dimensi = 326 m x 90 m
2. Landas Parkir Timur
 - Jumlah Gerbang = 8 gerbang Boeing 739 atau 4 gerbang Boeing 767
 - Dimensi = 336 m x 152 m

Pada peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat didapatkan jumlah pergerakan keberangkatan pesawat pada tahun 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2025, dan 2030. Berikut jumlah pergerakan keberangkatan pesawat tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32 Peramalan Pertumbuhan Keberangkatan Pesawat

Tipe Pesawat	Tahun						
	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
A320-200	137	156	156	156	156	153	152
A330-300	27	24	24	24	24	10	10
ATR42-300	581	612	612	612	612	2.079	2.065
ATR42-500	338	336	336	336	336	1.141	1.133
ATR72-500	1228	1016	884	806	764	1.947	1.933
ATR72-600	234	216	216	216	216	550	546
B737-300	1404	1346	1344	1344	1344	1.640	1.628
B737-400	379	440	448	456	456	494	490
B737-800	3238	2949	2728	2554	2424	2.561	2.543
B737-900ER	6109	5562	5466	5448	5448	4.290	4.260
Jumlah	13675	12657	12214	11952	11780	14865	14761

Peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat yang dilakukan menghasilkan pertumbuhan pergerakan pesawat tahunan dari tahun 2016 s.d 2020. Data tahunan keberangkatan pergerakan pesawat rencana kemudian dihitung menggunakan rumusan dari Ashford, untuk mendapatkan jumlah pergerakan pesawat pada jam puncak seperti Tabel 4.33.

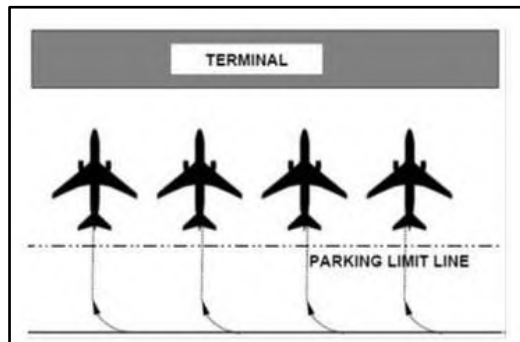
Tabel 4.33 Jumlah Pergerakan Pesawat pada Jam Puncak

Kode ICAO	Jam Puncak pada Tahun Rencana						
	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
A320							
A333							
AT43						1	1
AT45							
AT75						1	1
AT76							
B733							
B734							
B738	2	1	1	1	1	1	1
B739	2	2	2	2	2	2	2
Total	4	3	3	3	3	5	5

Pada perencanaan landas parkir ini direncanakan penggabungan landas parkir Barat dengan landas parkir Timur dikarenakan area tersebut direncanakan beralih fungsi menjadi landas hubung paralel. Landas parkir barat semula berfungsi untuk landas parkir pesawat Boeing 737-500, dan pada perencanaan ini direncanakan untuk pesawat Boeing 737-*Class* parkir pada Landas Parkir Timur 1. Penambahan pasca relokasi landas parkir Barat direncanakan pada Landas Parkir Timur 2.

4.3.4.1. Sistem Parkir Pesawat

Sistem parkir pesawat pada landas parkir Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin direncanakan dengan sistem *Nose-In*. Sistem parkir pesawat dapat dilihat pada gambar 4.21 dibawah ini.



Gambar 4.21 Sistem Parkir *Nose-In*

Sumber : <http://slideplayer.info/slide/3113334/>, 2-06-2016

Perencanaan desain sistem parkir Bandar Udara ini menggunakan sistem parkir eksisting sehingga tidak diperlukan perubahan-perubahan signifikan pada landas parkir.

4.3.4.2. Jumlah Posisi Gerbang

Penentuan jumlah gerbang landas parkir yang dibutuhkan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Gerbang} = \frac{\text{Jumlah Pergerakan} \times \text{Lama Parkir}}{\text{Faktor Utilitas Gerbang}}$$

Lama Parkir : Kelas A = 60 menit
 Kelas B = 40 menit
 Kelas C = 30 menit

Faktor Utilitas Gerbang : 0,6 – 0,8

Berdasarkan rumusan tersebut didapatkan kebutuhan jumlah Gerbang tahun rencana pada Tabel 4.34 dibawah ini.

Tabel 4.34 Jumlah Gerbang Tahun Rencana

Tahun	Jumlah Pesawat Tipe			Gerbang		
	A	B	C	A	B	C
2016	0	4	0	0	5	0
2017	0	3	0	0	4	0
2018	0	3	0	0	4	0
2019	0	3	0	0	4	0
2020	0	3	0	0	4	0
2025	0	3	2	0	4	2
2030	0	3	2	0	4	2

4.3.4.3. Ukuran Posisi Gerbang

Adapun kebutuhan dimensi landas parkir tiap jenis pesawat terdapat pada tabel 4.35.

Tabel 4.35 Dimensi Landas Parkir Masing-masing Jenis Pesawat

Kode Pesawat	Kode ICAO	Gol. Pesawat	Panjang	Lebar Sayap	Jarak Roda	Radius	Jarak Bebas	Lebar	Dimensi Apron	
									Panjang	Lebar
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B1	A320	B	37,57	34,2	12,5	24,3	8	88	56,6	134,0
B2	A330	B	58,37	60,3	25,6	44,9	8	88	97,9	154,8
B3	B739	B	42,1	34,32	15,6	26,2	8	88	60,3	138,5
B4	B738	B	39,5	35,8	15,8	27,0	8	88	62,0	135,9
B5	B733	B	30,5	28,9	12,5	21,7	8	88	51,3	126,9
B6	B734	B	36,5	28,9	14,3	22,7	8	88	53,4	132,9
B7	B735	B	30,5	28,9	11,1	20,9	8	88	49,7	126,9
C1	AT75	C	27,16	27,05	10,8	19,8	8	49	47,5	83,9
C2	AT76	C	27,16	27,05	10,8	19,8	8	49	47,5	83,9
C3	AT45	C	22,67	24,57	8,8	17,4	8	49	43	79
C4	AT43	C	22,67	24,4	8,8	17,3	8	49	43	79

*lebar apron merupakan lebar 1 taxiline

Berdasarkan dimensi masing-masing pesawat tersebut dilakukan komposisi-komposisi untuk menentukan ukuran landas parkir yang direncanakan terhadap kebutuhan ukuran yang didapatkan dari jumlah kebutuhan gerbang landas parkir. Sebagai contoh komposisi jumlah kebutuhan ukuran landas parkir Timur 1 terdapat pada tabel 4.36 dibawah ini.

Tabel 4.36 Kebutuhan Ukuran Landas Parkir Timur 1 Tahun 2019

Tahun		2019	A	B	C	Dimensi Landas Parkir		
			0	4	0			
Kompo sisi	Komposisi Jenis Pesawat					P (m)	L (m)	Luas (m2)
	B1	B3	B4	C1	C2			
1	4					227	155	35059
2		4				241	155	37349
3			4			248	155	38408
4	1	1	2			241	155	37306
5	1	2	1			239	155	37041
6	2	1	1			236	155	36469
7	3	1				230	155	35632
8		3	1			243	155	37614
9		1	3			246	155	38144
Dimensi Landas Parkir yang dibutuhkan						248	155	38408

Dari hasil perhitungan didapatkan ukuran kebutuhan landas parkir sebesar 248 m x 155 m dengan luasan sebesar 38.408,4 m². Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan gerbang pada tahun 2019 masih mampu dilayani oleh ukuran landas parkir eksisting sebesar 336 m x 152 m, tetapi untuk lebar landas parkir perlu ditambah 2,8 m ke arah selatan. Sehingga ukuran landas parkir rencana menjadi 336 m x 154,8 m dengan luasan sebesar 52.000 m². Rekapitulasi ukuran landas parkir berdasarkan tahun rencana dapat dilihat pada tabel 4.37.

Tabel 4.37 Kebutuhan Ukuran Landas Parkir Tahun Rencana

Tahun	Kebutuhan Dimensi Apron			Rencana Dimensi Apron			Rasio Landas Parkir
	P (m)	L (m)	Luas (m ²)	P (m)	L (m)	Luas (m ²)	
2015	310,2	154,8	48010,5	336,0	154,8	52000,0	0,9
2016	310,2	154,8	48010,5	336,0	154,8	52000,0	0,9
2017	310,2	154,8	48010,5	336,0	154,8	52000,0	0,9
2018	248,2	154,8	38408,4	336,0	154,8	52000,0	0,7
2019	248,2	154,8	38408,4	336,0	154,8	52000,0	0,7
2020	248,2	154,8	38408,4	336,0	154,8	52000,0	0,7
2025	434,3	154,8	67214,7	434,3	154,8	67214,7	1,0
2030	434,3	154,8	67214,7	434,3	154,8	67214,7	1,0

Dari hasil tersebut diketahui bahwa landas parkir pada tahun 2016 sampai dengan tahun 2020 dimensi yang digunakan sebesar 336 m x 154,8 m dan pada tahun 2025 hingga 2030 digunakan landas parkir berukuran 434,3 m x 154,8 m.

Sedangkan untuk dimensi rencana landas parkir Timur 2 berdasarkan perhitungan kebutuhan ukuran landas parkir direncanakan dengan 4 gerbang untuk pesawat Cessna 208 Grand Caravan atau pesawat sejenis. Dengan ukuran total landas parkir sebesar 155 m x 125,4 m, dan direncanakan pada sisi barat Landas Parkir Timur.

4.4. Perencanaan Perkerasan Fasilitas Sisi Udara

Perencanaan perkerasan fasilitas sisi udara Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin mengacu data konstruksi perkerasan landas pacu pada tahun 2006 oleh Dinas Perhubungan Provinsi Kalimantan Selatan dan tahun 2009 oleh PT. Angkasa Pura I Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin. Berdasarkan data tersebut dilakukan pengecekan kembali tebal perkerasan di tahun 2016 dengan mengambil nilai PCN dari masing-masing

area yang dikonversi menjadi tebal perkerasan dengan program bantu *Microsoft Excel* COMFAA-30-SUPPORT-AC5335-5C-8-27-14.

Dengan hasil dari perhitungan tersebut kemudian dilakukan analisis tebal perkerasan dengan program bantu *Software* FAARFIELD untuk perencanaan penambahan lapis permukaan atas dan perkerasan baru. Setelah didapatkan tebal perkerasan untuk kebutuhan tahun 2016 sampai dengan 20 tahun yang akan datang, untuk mendapatkan nilai PCN maka dilakukan evaluasi dengan program bantu *Software* COMFAA untuk mengetahui nilai PCN. Adapun pada data eksisting perkerasan tahun 2006 diketahui pada tabel 4.38 sebagai berikut :

Tabel 4.38 Tebal Perkerasan Eksisting pada Landas Pacu 10-28

URAIAN LOKASI	Tebal Perkerasan		
	MATERIAL	TEBAL (mm)	TEBAL (inci)
Landas Pacu 0-2500	AC + ATB	130	5,1
	Agg. Base	350	13,8
	Agg. Base	210	8,3
	Total Tebal	690	27,2
Landas Pacu 2200-2500	Rigid	360	14,2
	Agg. Base	330	13,0
	Total Tebal	690	27,2
Landas Hubung A dan B	AC + ATB	130	5,1
	Agg. Base	250	9,8
	Agg. Base	200	7,9
	Total Tebal	580	22,8
Landas Parkir Timur	Rigid	340	13,4
	Agg. Base	150	5,9
	Total Tebal	490	19,3
Landas Hubung C	Rigid	320	12,6
	Agg. Base	150	5,9
	Total Tebal	470	18,5
Landas Hubung D	Rigid	300	11,8
	Agg. Base	150	5,9
	Total Tebal	450	17,7

Sumber : Dinas Perhubungan Prov. Kalimantan Selatan, 2006.

Struktur perkerasan tersebut berada di atas tanah dasar yang sudah dilakukan perbaikan tanah dasar dengan CBR rencana tanah dasar 10%, karena dari hasil penyelidikan tanah dasar landas pacu terdapat variasi nilai CBR yang dapat dilihat pada tabel 4.39 dibawah ini.

Tabel 4.39 Hasil Tes CBR Laboratorium dan CBR Lapangan Tanah Dasar Landas Pacu Bandara Syamsudin Noor Banjarmasin

Lokasi	Kedalaman (m)	CBR Lab	CBR Lap
TP-01	-0.8	5.60%	6.10%
TP-02	-0.79	8.30%	9.10%
TP-03	-0.78	9.60%	10.60%

Sumber : Dinas Perhubungan dan Komunikasi Informatika Provinsi Kalimantan Selatan, 2006.

Pada tahun 2006 landas pacu pada STA 2+200 s.d 2+500 mengalami penurunan tanah dan merusak struktur perkerasan, sehingga landas pacu ditetapkan hanya sejarak 2.200 m. Pada tahun 2009 dilakukan pembongkaran struktur perkerasan dan melakukan penggantian dengan perkerasan kaku dengan tebal perkerasan pada tabel 4.40 dibawah ini.

Tabel 4.40 Tebal Perkerasan Kaku Landas Pacu Tahun 2009

URAIAN LOKASI	Tebal Perkerasan		
	MATERIAL	TEBAL (mm)	TEBAL (inci)
Runway 2200-2500	Rigid	360	14,2
	Agg. Base	330	13,0
			0,0
	Total Tebal	690	27,2

Sumber : Angkasa Pura I

Maka, berdasarkan data tebal perkerasan tersebut dapat dilakukan analisis tebal perkerasan berdasarkan nilai PCN dengan program bantu *Microsoft Excel* COMFAA-30-SUPPORT-AC5335-5C-8-27-14 dan dapat diketahui tebal penambahan lapis permukaan atas terhadap tebal perkerasan eksisting. Adapun hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel 4.41.

Tabel 4.41 Tebal Perkerasan Eksisting berdasarkan nilai PCN

URAIAN LOKASI	PCN Eksisting	Tebal konversi PCN	URAIAN LOKASI	PCN Eksisting	Tebal konversi PCN
Runway 0-2200	76 F/B/X/T	29,77	Apron East	60 R/B/X/T	14,87
		756			378
Runway 2200-2500	68 R/B/X/T	14,35	Taxiway to Apron East	52 R/B/X/T	12,67
		364			322
Taxiway to Apron West	45 F/B/X/T	22,91	Taxiway to Apron East	45 R/B/X/T	11,85
		582			301
Taxiway to Apron West	45 F/B/X/T	22,91			
		582			

Berdasarkan data eksisting dan hasil analisis diatas dapat diketahui tebal perkerasan eksisting fasilitas sisi udara landas pacu 10-28 guna menentukan kebutuhan tebal perkerasan maupun penambahan lapis permukaan atas (*overlay*) pada tahun 2016 dengan umur desain 20 tahun kedepan.

4.4.1. Perencanaan Tebal Perkerasan Landas Pacu

Pada evaluasi tebal perkerasan digunakan material P-401/403 HMA Overlay sebagai material penambahan lapis permukaan

atas. Sedangkan untuk perencanaan tebal perkerasan landas pacu baru direncanakan menggunakan perkerasan lentur dengan material lapis permukaan atas adalah P-401/P-403 HMA dan P-401/P-403 HMA Stabilized, lapis pondasi atas P-304 (*Cement Treated Base*), dan lapis pondasi bawah P-154 (Agregat Batu Pecah). Dari hasil perhitungan dengan program bantu *Software FAARFIELD* didapatkan kebutuhan tebal penambahan lapis permukaan atas dan tebal perkerasan baru. Hasil tebal penambahan lapis permukaan atas dapat dilihat pada gambar 4.22.

RW10-28 RW1Aoverlay Des. Life = 20

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
--> P-401/P-403 HMA Overlay	50,8	1.378,95
P-401/P-403 HMA Surface	196,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	350,0	423,19
P-154 UnCr Ag	210,0	185,74
Subgrade	CBR = 10,0	103,42

Total thickness to the top of the subgrade, t = 806,8 mm

Gambar 4.22 Hasil Analisis Tebal Perkerasan Landas Pacu STA 0+000 s.d 2+200

Sumber : FAA

Sedangkan untuk hasil analisis tebal perkerasan baru yaitu untuk landas pacu 100-280 STA 2+500 s.d 3+000 dan landas pacu 135-315 dapat dilihat pada gambar 4.23.

RW10-28 RWrencana Des. Life = 20		
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Surface	130.0	1,378.95
P-401/P-403 St (flex)	150.0	2,757.90
P-304 CTB	101.6	3,447.38
P-154 UnCr Ag	101.6	144.85
Subgrade	CBR = 10.0	103.42
Total thickness to the top of the subgrade, t = 483.2 mm		

Gambar 4.23 Hasil Analisis Tebal Perkerasan Landas Pacu STA 2+500 s.d 3+000

Sumber : FAA

Berdasarkan hasil analisis tebal perkerasan untuk landas pacu 10-28 dan 14-32 dengan program bantu *Software* FAARFIELD direncanakan tebal perkerasan seperti pada tabel 4.42.

Tabel 4.42 Tebal Perkerasan Rencana

URAIAN LOKASI	Tebal Perkerasan			PCN
	MATERIAL	TEBAL (mm)	TEBAL (inci)	
PENAMBAHAN LAPIS PERMUKAAN				
RUNWAY 100-280				
Runway 100-280 0-2200 Overlay	P401/3 Overlay	140	5,5	93 F/B/X/T
	P-401/P-403	196	7,7	
	P-209	350	13,8	
	P-154	210	8,3	
	Total Tebal	896	35,3	
Runway 100-280 2200-2500 Overlay	P401/3 Overlay	140	5,5	92 F/B/X/T
	P-501	360	14,2	
	P-209	330	13,0	
	Total Tebal	830	32,7	
PERKERASAN BARU				
RUNWAY 100-280				
Runway 100-280 2500-3000	P-401/P-403	130	5,1	83 F/B/X/T
	P-401/P-404 (St)	150	5,9	
	P-304 CTB	150	5,9	
	P-154	150	5,9	
	Total Tebal	580	22,8	
RUNWAY 135-315				
Runway 135 - 315	P-401/P-403	130	5,1	83 F/B/X/T
	P-401/P-404 (St)	150	5,9	
	P-304 CTB	150	5,9	
	P-154	150	5,9	
	Total Tebal	580	22,8	

Berdasarkan hasil analisis tersebut untuk tebal penambahan lapis permukaan atas landas pacu STA 0+000 s.d 2+500 direncanakan sebesar 140 mm atau 5,5 inci. Maka gradien memanjang landas pacu untuk lapis permukaan atas tidak lebih besar dari 0%, atau tidak terjadi beda tinggi antara lapis permukaan atas landas pacu STA 0+000 – 2+200 dengan STA 2+200 – 2+500 seperti pada gambar 4.24.

Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)	Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Overlay	140,0	1.378,95	P-401/P-403 HMA Overlay	140,0	1.378,95
P-401/P-403 HMA Surface	196,0	1.378,95	PCC Surface	360,0	4,83
P-209 Cr Ag	350,0	423,19	P-209 Cr Ag	330,0	530,90
P-154 UnCr Ag	210,0	185,74	Subgrade	k = 80,0	265,59
Subgrade	CBR = 10,0	103,42	Total thickness to the top of the subgrade, t = 830,0 mm		
Total thickness to the top of the subgrade, t = 896,0 mm					

Gambar 4.24 Gambaran Tebal Perkerasan STA 0+000-2+200 dengan STA 2+200-2+500

4.4.2. Perencanaan Tebal Perkerasan Landas Hubung

Untuk tebal perkerasan landas hubung direncanakan menggunakan perkerasan lentur dengan material lapis permukaan atas adalah P-401/P-403 HMA, lapis pondasi atas P-304 (*Cement Treated Base*), dan lapis pondasi bawah P-208 (Agregat Batu Pecah). Selain merencanakan tebal perkerasan baru, pada subbab ini juga direncanakan tebal penambahan lapis permukaan atas pada landas hubung A dan B. Sedangkan untuk landas hubung C dan D direkomendasikan dilakukan pembongkaran struktur perkerasan dikarenakan tebal perkerasan berdasarkan hasil analisis COMFAA tidak aman untuk pesawat yang beroperasi di bandar udara ini.

Sehingga untuk perencanaan penambahan lapis permukaan atas landas hubung A dan B mengikuti tebal rencana penambahan lapis permukaan landas pacu sebesar 140 mm. Berdasarkan hal tersebut maka rencana tebal perkerasan landas hubung landas pacu 10-28 dan 14-32 dapat dilihat pada tabel 4.43.

Tabel 4.43 Tebal Perkerasan Landas Hubung Rencana

URAIAN LOKASI	Tebal Perkerasan			PCN
	MATERIAL	TEBAL (mm)	TEBAL (inci)	
Landas Hubung Baru	P401/3 HMA	130	5,1	102 F/B/X/T
	P-401/P-404 (St)	150	5,9	
	P-304 CTB	150	5,9	
	P-208	200	7,9	
	Total Tebal	630	24,8	
RUNWAY 100-280				
Landas Hubung A dan B	P401/3 Overlay	140	5,5	69 F/B/X/T
	P-401/P-403	130	5,1	
	P-209	200	7,9	
	P-154	250	9,8	
	Total Tebal	720	28,3	

Desain tebal perkerasan landas hubung baru untuk landas hubung C, D, E, F pada landas pacu 10-28 dan landas hubung G, H, I, J pada landas pacu 14-32 dapat dilihat pada gambar 4.25.

RW10-28 TWY rencana Des. Life = 20		
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Surface	130.0	1,378.95
P-401/P-403 St (flex)	130.0	2,757.90
P-304 CTB	101.6	3,447.38
P-208 Cr Ag	166.9	251.43
Subgrade	CBR = 10.0	103.42
Total thickness to the top of the subgrade, t = 528.5 mm		

Gambar 4.25 Tebal Perkerasan Minimum Landas Hubung Baru
Sumber : FAA

Sedangkan untuk desain tebal perkerasan penambahan lapis permukaan landas hubung A dan B dapat dilihat pada gambar 4.26.

RW10-28 TWYwest Des. Life = 20		
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
→ P-401/P-403 HMA Overlay	121,1	1.378,95
P-401/P-403 HMA Surface	130,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	200,0	398,26
P-154 UnCr Ag	250,0	172,40
Subgrade	CBR = 10,0	103,42
Total thickness to the top of the subgrade, $t = 701,1$ mm		

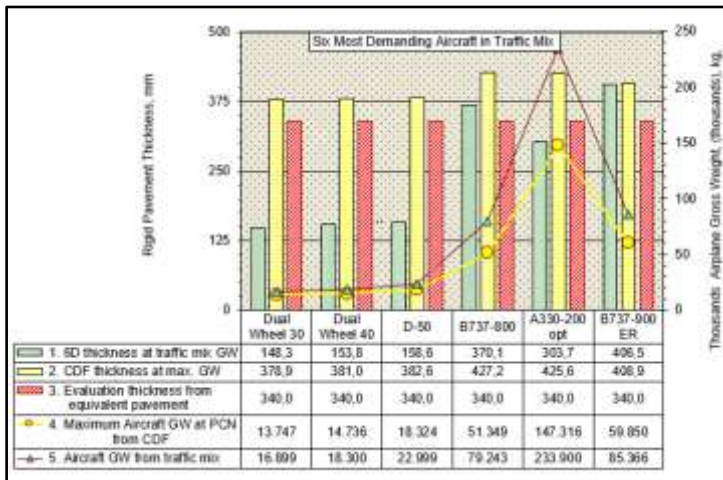
Gambar 4.26 Tebal Perkerasan Minimum Landas Hubung A & B
Sumber : FAA

Untuk landas hubung paralel pada masing-masing landasan baik 10-28 dan 14-32, desain tebal perkerasan mengikuti tebal perkerasan landas hubung baru seperti pada gambar 4.25.

4.4.3. Perencanaan Tebal Perkerasan Landas Parkir

Struktur perkerasan landas parkir direncanakan dengan perkerasan kaku, dengan material lapis permukaan atas adalah PCC *Surface* dan lapis pondasi P-304 (*Cement Treated Base*). Pada struktur perkerasan landas parkir ini dilakukan analisis terlebih dahulu dengan program bantu COMFAA, dari hasil analisis tersebut diketahui bahwa *total equivalent coverage* terbesar pada pesawat B737-800 dengan tebal 427,2 mm sedangkan tebal eksisting sebesar 340 mm. Sehingga tebal

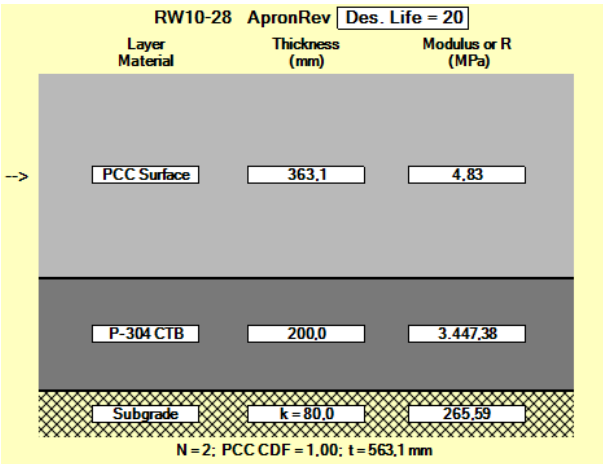
perkerasan tidak aman untuk digunakan oleh pesawat yang beroperasi di bandar udara ini.



Gambar 4.27 Analisis Tebal Perkerasan Landas Parkir Eksisting
Sumber : FAA

Berdasarkan hasil analisis tersebut diketahui bahwa tebal perkerasan yang diperlukan sebesar 427,2 mm, sedangkan tebal betoneksisting sebesar 340 mm. Sehingga tebal perkerasan eksisting tidak mampu melayani pergerakan pesawat yang diramalkan terjadi pada tahun 2016 s.d 2020. Untuk tebal perkerasan yang direncanakan dilakukan dengan merencanakan dengan program bantu FAARFIELD dan di analisis kembali dengan program bantu COMFAA. Sehingga menghasilkan tebal perkerasan dengan perbaikan pada lapis pondasi dengan material P-304 (*Cement Treated Base*) setebal 200 mm untuk meningkatkan nilai k-Value dari 89 MN/m³ menjadi 121,6 MN/m³ dan menambah tebal perkerasan beton dari 340 mm menjadi 400 mm. Adapun hasil analisis tebal perkerasan

minimum dengan program bantu FAARFIELD dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Rekomendasi Tebal Minimum Perkerasan Landas Parkir (*Apron*)
Sumber : FAA

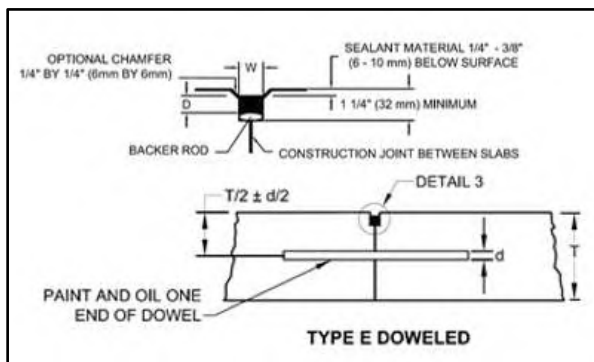
Berdasarkan rekomendasi tebal minimum tersebut, maka tebal rencana perkerasan pada landas parkir timur direncanakan sebesar 600 mm. Adapun detil struktur perkerasan dapat dilihat pada tabel 4.44.

Tabel 4.44 Tebal Perkerasan Landas Parkir Timur

URAIAN LOKASI	Tebal Perkerasan			PCN
	MATERIAL	TEBAL (mm)	TEBAL (inci)	
Landas Parkir Timur	P-501 (PCC)	400	15,7	83 R/B/X/T
	P-304 CTB	200	7,9	
	Total Tebal	600	23,6	

4.4.4. Perencanaan Sambungan pada Perkerasan Landas Parkir

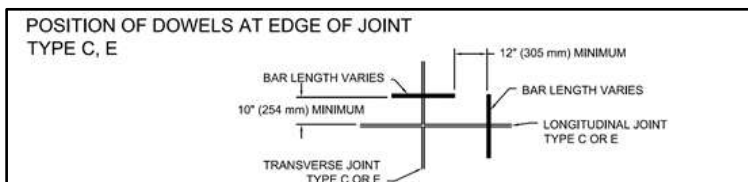
Sambungan (*Joint*) yang direncanakan ialah sambungan konstruksi tipe E dengan fungsi ketika dua lempeng berbatasan ditempatkan pada waktu yang berbeda, seperti pada akhir penempatan hari atau jalur perkerasan. Adapun detail gambar sambungan konstruksi tipe E ini dapat dilihat pada gambar 4.29 dan 4.30.



Gambar 4.29 Detail Sambungan Konstruksi Tipe E

Sumber : FAA, 2009

Serta posisi sambungan konstruksi untuk tipe E pada tepi atau pertemuan antar perkerasan dapat dilihat pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Posisi Sambungan pada Tepi Perkerasan

Sumber : FAA, 2009

Untuk jarak antar sambungan perkerasan kaku dengan perbaikan pondasi bawah berdasarkan peraturan FAA AC No. 150/5320-6E mengenai *Airport Pavement Design and Evaluation* yang mengatur tentang rekomendasi jarak maksimum sambungan perkerasan kaku dengan atau tanpa perbaikan pondasi bawah. Adapun jarak tersebut dapat dilihat pada tabel 4.45 dibawah ini.

Tabel 4.45 Rekomendasi Jarak Sambungan Perkerasan Kaku Dengan atau Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah

Bagian I, Tanpa Perbaikan Pondasi Bawah			
Slab Thickness		Joint Spacing ¹	
Inches	Millimeters	Feet	Meters
6	152	12.5	3.8
6.5-9	165-229	15	4.6
>9	>229	20	6.1
Bagian II, Dengan Perbaikan Pondasi Bawah			
Slab Thickness		Joint Spacing ¹	
Inches	Millimeters	Feet	Inches
8-10	203-254	12.5	3.8
10.5-13	267-330	15	4.6
13.5-16	343-406	17.5	5.3
>16	>406	20	6.1

Sumber : FAA, 2009

Berdasarkan tabel diatas didapatkan jarak antar sambungan untuk perkerasan kaku landas parkir dengan tebal minimum beton semen sebesar 345,7 mm digunakan jarak antar sambungan sebesar 17,5 ft atau 5,3 meter.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

Hasil Perhitungan Peramalan Metode Ekonometrik

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 3	Forecast Error
A320				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	1182,4	a	3047,9	a	202827,4
				b	-0,029	b	-0,001	b	3,110
								c	-0,082
				Rsquare	0,302	Rsquare	0,307	Rsquare	0,574
2011	136	32.552,60	3.714.340						
2012	391	34.413,31	3.784.981						
2013	115	36.196,22	3.854.485						
2014	17	37.951,73	3.922.790						
2015	22	39.545,71	3.981.632	49		48		132	
2016		41.696,12	4.063.420	-13		-13		130	
2017		43.963,46	4.146.887	-78		-76		354	
2018		46.354,09	4.232.069	-147		-140		822	
2019		48.874,72	4.319.001	-219		-206		1551	
2020		51.532,42	4.407.718	-295		-272		2560	
								Tahun	Rsquare
									0,57
								2016	130
								2017	354
								2018	822
								2019	1551
								2020	2560
									X1 X2

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 4	Forecast Error
A330				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	-3,3	a	-53,3	a	-13581,7
				b	0,001	b	0,000	b	-0,211
								c	0,006
				Rsquare	0,030	Rsquare	0,031	Rsquare	0,206
2011	1	32.552,60	3.714.340						
2012	2	34.413,31	3.784.981						
2013	3	36.196,22	3.854.485						
2014	29	37.951,73	3.922.790						
2015	16	39.545,71	3.981.632	27		27		21	
2016		41.696,12	4.063.420	28		28		19	
2017		43.963,46	4.146.887	30		30		1	
2018		46.354,09	4.232.069	32		32		-34	
2019		48.874,72	4.319.001	34		33		-86	
2020		51.532,42	4.407.718	36		35		-157	
								Tahun	Rsquare
									0,21
								2016	19
								2017	1
								2018	-34
								2019	-86
								2020	-157
									X1 X2

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 4	Forecast Error
ATR42-300				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	1779,794	a	3844,404	a	-95097,279
				b	-0,032	b	-0,001	b	-1,540
								c	0,039
				Rsquare	0,628	Rsquare	0,624	Rsquare	0,731
2011	719	32.552,60	3.714.340						
2012	696	34.413,31	3.784.981						
2013	1188	36.196,22	3.854.485						
2014	1206	37.951,73	3.922.790						
2015	979	39.545,71	3.981.632	502		503		462	
2016		41.696,12	4.063.420	432		434		363	
2017		43.963,46	4.146.887	359		364		151	
2018		46.354,09	4.232.069	282		293		-184	
2019		48.874,72	4.319.001	200		220		-650	
2020		51.532,42	4.407.718	114		145		-1258	
								Tahun	Rsquare 0,62
								2016	434
								2017	364
								2018	293
								2019	220
								2020	145
									X2

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 4	Forecast Error
ATR42-500				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	1945,2	a	4300,8	a	22954,9
				b	-0,036	b	-0,001	b	0,286
								c	-0,008
				Rsquare	0,982	Rsquare	0,986	Rsquare	1
2011		32.552,60	3.714.340						
2012		34.413,31	3.784.981						
2013	468	36.196,22	3.854.485						
2014	568	37.951,73	3.922.790						
2015	527	39.545,71	3.981.632	523		524		528	
2016		41.696,12	4.063.420	446		446		450	
2017		43.963,46	4.146.887	364		367		390	
2018		46.354,09	4.232.069	278		286		352	
2019		48.874,72	4.319.001	188		203		336	
2020		51.532,42	4.407.718	92		119		344	
								pesimis	
								Tahun	Rsquare 1,00
								2016	450
								2017	390
								2018	352
								2019	336
								2020	344
									X1 X2

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 4	Forecast Error
ATR72-500				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	-5327,4	a	-16607,3	a	-446145,6
				b	0,170	b	0,0	b	-6,6
								c	0,2
				Rsquare	0,736	Rsquare	0,749	Rsquare	1
2011		32.552,60	3.714.340						
2012		34.413,31	3.784.981						
2013	739	36.196,22	3.854.485						
2014	1333	37.951,73	3.922.790						
2015	1304	39.545,71	3.981.632						
2016		41.696,12	4.063.420	1775		1778		1693	
2017		43.963,46	4.146.887	2161		2156		1611	
2018		46.354,09	4.232.069	2568		2541		1022	
2019		48.874,72	4.319.001	2997		2935		-111	
2020		51.532,42	4.407.718	3450		3336		-1829	
								Tahun	Rsquare 1,00
								2016	1693
								2017	1611
								2018	1022
								2019	-111
								2020	-1829
									X1 X2

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 4	Forecast Error
ATR72-600				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	-2718,6	a	-7889,5	a	12028
				b	0,1	b	0,0	b	0
								c	0
				Rsquare	0,997	Rsquare	0,996	Rsquare	0,998
2011		32.552,60	3.714.340						
2012	55	34.413,31	3.784.981						
2013	961	36.196,22	3.854.485						
2014	1670	37.951,73	3.922.790						
2015	1678	39.545,71	3.981.632						
2016		41.696,12	4.063.420	643		639		654	
2017		43.963,46	4.146.887	826		814		858	
2018		46.354,09	4.232.069	1018		993		1090	
2019		48.874,72	4.319.001	1222		1175		1352	
2020		51.532,42	4.407.718	1436		1362		1646	
								Tahun	Rsquare 1,00
								2016	654
								2017	858
								2018	1090
								2019	1352
								2020	1646
									X1 X2

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 4	Forecast Error
B737-300				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	3766,115	a	8165,051	a	697929,55
				b	-0,067	b	-0,002	b	10,74
								c	-0,28
				Rsquare	0,279	Rsquare	0,286	Rsquare	0,821
2011	1408	32.552,60	3.714.340						
2012	1875	34.413,31	3.784.981						
2013	1195	36.196,22	3.854.485						
2014	917	37.951,73	3.922.790						
2015	1302	39.545,71	3.981.632						
2016		41.696,12	4.063.420	963		962		1456	
2017		43.963,46	4.146.887	811		814		2300	
2018		46.354,09	4.232.069	650		663		3986	
2019		48.874,72	4.319.001	481		509		6574	
2020		51.532,42	4.407.718	302		352		10132	
								Tahun	Rsquare 0,82
								2016	1456
								2017	2300
								2018	3986
								2019	6574
								2020	10132
									X1 X2

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 4	Forecast Error
B737-400				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	2912,164	a	7243,242	a	423995,71
				b	-0,067	b	-0,002	b	6,49
								c	-0,17
				Rsquare	0,242	Rsquare	0,246	Rsquare	0,418
2011	378	32.552,60	3.714.340						
2012	1109	34.413,31	3.784.981						
2013	598	36.196,22	3.854.485						
2014	173	37.951,73	3.922.790						
2015	250	39.545,71	3.981.632						
2016		41.696,12	4.063.420	133		133		431	
2017		43.963,46	4.146.887	-18		-13		885	
2018		46.354,09	4.232.069	-178		-162		1845	
2019		48.874,72	4.319.001	-346		-314		3351	
2020		51.532,42	4.407.718	-523		-469		5440	
								Tahun	Rsquare 0,42
								2016	431
								2017	885
								2018	1845
								2019	3351
								2020	5440
									X1 X2

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 4	Forecast Error
B737-800				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	-11106,44	a	-34215,91	a	66313,627
				b	0,360	b	0,01	b	1,565
				c		c		c	
				Rsquare		Rsquare		Rsquare	
2011	449	32.552,60	3.714.340						
2012	1463	34.413,31	3.784.981						
2013	2017	36.196,22	3.854.485						
2014	2491	37.951,73	3.922.790						
2015	3056	39.545,71	3.981.632						
2016		41.696,12	4.063.420	3901		3884		3956	
2017		43.963,46	4.146.887	4717		4667		4883	
2018		46.354,09	4.232.069	5578		5465		5950	
2019		48.874,72	4.319.001	6485		6280		7164	
2020		51.532,42	4.407.718	7441		7112		8538	
								Tahun	Rsquare
									0,98
								2016	3884
								2017	4667
								2018	5465
								2019	6280
								2020	7112
									X2

Tahun	Annual Departure	PDRB ADHK (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 1	Forecast Error	Skenario 2	Forecast Error	Skenario 4	Forecast Error
B737-900ER				Y = a + b (X1)		Y = a + b (X2)		Y = a + b (X1) + c (X2)	
				a	-8684,996	a	-34045,70	a	-1210575
				b	0,393	b	0,010	b	-18
				c		c		c	
				Rsquare		Rsquare		Rsquare	
2011	3584	32.552,60	3.714.340						
2012	4800	34.413,31	3.784.981						
2013	6441	36.196,22	3.854.485						
2014	6618	37.951,73	3.922.790						
2015	6058	39.545,71	3.981.632	6842		6836		6347	
2016		41.696,12	4.063.420	7687		7676		6834	
2017		43.963,46	4.146.887	8577		8533		5999	
2018		46.354,09	4.232.069	9515		9408		3741	
2019		48.874,72	4.319.001	10505		10300		-45	
2020		51.532,42	4.407.718	11549		11211		-5472	
								Tahun	Rsquare
									0,84
								2016	6834
								2017	5999
								2018	3741
								2019	-45
								2020	-5472
									X1 X2

Hasil Peramalan Metode ARIMA

Tahun	Bulan	Jenis Pesawat									
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
2016	Januari	6	3	32	29	113	31	125	25	283	563
	Februari	8	3	43	29	111	21	123	27	280	548
	Maret	10	3	48	28	109	19	120	28	278	535
	April	11	2	50	28	107	19	119	30	275	524
	Mei	12	2	51	28	105	18	117	31	273	515
	Juni	12	2	51	28	103	18	116	32	271	506
	Juli	13	2	51	28	101	18	115	33	268	499
	Agustus	13	2	51	28	99	18	115	34	266	493
	September	13	2	51	28	97	18	114	34	264	488
	Oktober	13	2	51	28	96	18	114	35	262	483
	November	13	2	51	28	94	18	113	35	260	479
	Desember	13	2	51	28	93	18	113	35	258	476
Jumlah		137	27	581	338	1228	234	1404	379	3238	6109
Tahun	Bulan	Jenis Pesawat									
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
2017	Januari	13	2	51	28	91	18	113	36	256	473
	Februari	13	2	51	28	90	18	113	36	254	470
	Maret	13	2	51	28	88	18	112	36	252	468
	April	13	2	51	28	87	18	112	36	250	466
	Mei	13	2	51	28	86	18	112	37	248	464
	Juni	13	2	51	28	85	18	112	37	246	463
	Juli	13	2	51	28	84	18	112	37	245	462
	Agustus	13	2	51	28	83	18	112	37	243	461
	September	13	2	51	28	82	18	112	37	241	460
	Oktober	13	2	51	28	81	18	112	37	240	459
	November	13	2	51	28	80	18	112	37	238	458
	Desember	13	2	51	28	79	18	112	37	236	458
Jumlah		156	24	612	336	1016	216	1346	440	2949	5562

Tahun	Bulan	Jenis Pesawat									
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
2018	Januari	13	2	51	28	78	18	112	37	235	457
	Februari	13	2	51	28	77	18	112	37	234	457
	Maret	13	2	51	28	76	18	112	37	232	456
	April	13	2	51	28	76	18	112	37	231	456
	Mei	13	2	51	28	75	18	112	37	229	456
	Juni	13	2	51	28	74	18	112	37	228	455
	Juli	13	2	51	28	73	18	112	37	226	455
	Agustus	13	2	51	28	72	18	112	37	225	455
	September	13	2	51	28	72	18	112	38	224	455
	Oktober	13	2	51	28	71	18	112	38	223	455
	November	13	2	51	28	70	18	112	38	221	455
	Desember	13	2	51	28	70	18	112	38	220	454
Jumlah		156	24	612	336	884	216	1344	448	2728	5466
Tahun	Bulan	Jenis Pesawat									
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
2019	Januari	13	2	51	28	69	18	112	38	219	454
	Februari	13	2	51	28	69	18	112	38	218	454
	Maret	13	2	51	28	69	18	112	38	217	454
	April	13	2	51	28	68	18	112	38	216	454
	Mei	13	2	51	28	68	18	112	38	214	454
	Juni	13	2	51	28	67	18	112	38	213	454
	Juli	13	2	51	28	67	18	112	38	212	454
	Agustus	13	2	51	28	66	18	112	38	211	454
	September	13	2	51	28	66	18	112	38	210	454
	Oktober	13	2	51	28	66	18	112	38	209	454
	November	13	2	51	28	66	18	112	38	208	454
	Desember	13	2	51	28	65	18	112	38	207	454
Jumlah		156	24	612	336	806	216	1344	456	2554	5448

Tahun	Bulan	Jenis Pesawat									
		A320	A333	AT43	AT45	AT75	AT76	B733	B734	B738	B739
2020	Januari	13	2	51	28	65	18	112	38	207	454
	Februari	13	2	51	28	65	18	112	38	206	454
	Maret	13	2	51	28	65	18	112	38	205	454
	April	13	2	51	28	64	18	112	38	204	454
	Mei	13	2	51	28	64	18	112	38	203	454
	Juni	13	2	51	28	64	18	112	38	202	454
	Juli	13	2	51	28	63	18	112	38	201	454
	Agustus	13	2	51	28	63	18	112	38	201	454
	September	13	2	51	28	63	18	112	38	200	454
	Oktober	13	2	51	28	63	18	112	38	199	454
	November	13	2	51	28	63	18	112	38	198	454
	Desember	13	2	51	28	62	18	112	38	198	454
Jumlah		156	24	612	336	764	216	1344	456	2424	5448

Peramalan Pertumbuhan Penumpang

Prakiraan Pertumbuhan Variabel			
2016	41.696,12	4.063.420	81.939,70
2017	43.963,46	4.146.887	95.036,54
2018	46.354,09	4.232.069	88.853,79
2019	48.874,72	4.319.001	84.077,23
2020	51.532,42	4.407.718	77.848,58
2021	54.334,64	4.498.258	68.397,68
2022	57.289,24	4.590.658	62.608,92
2023	60.404,50	4.684.956	56.863,31
2024	63.689,16	4.781.190	49.587,32
2025	67.152,44	4.879.402	42.915,75
2026	70.804,04	4.979.631	38.201,19
2027	74.654,20	5.081.918	34.193,80
2028	78.713,73	5.186.307	30.389,13
2029	82.994,01	5.292.840	27.204,95
2030	87.507,04	5.401.561	24.370,33

Tahun	Departure Passenger	PDRB ADHK (dalam milyar)	Nilai Ekspor NonMigas (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 7	Forecasting Error
Persamaan Regresi					Y = a + b (X1) + c (X2) + d (X3)	
					a	-5093895,395
					b	-45,899
					c	7,495
					d	2,028
					Rsquare	0,974
2005	683802	23.292,54	20.125,00	3.250.100		
2006	744297	24.452,26	27.441,60	3.345.784		
2007	800796	25.922,29	27.009,01	3.396.680		
2008	886264	27.593,09	49.373,93	3.446.631		
2009	1040811	29.051,63	51.448,36	3.496.125		
2010	1282541	30.674,12	50.746,18	3.642.637		
2011	1514766	32.552,60	89.152,48	3.714.340		
2012	1832845	34.413,31	91.883,69	3.784.981		
2013	1925534	36.196,22	108.375,75	3.854.485		
2014	1820362	37.951,73	100.751,40	3.922.790		
2015	1731936	39.545,71	76.180,50	3.981.632	1736721	
2020		51.532,42	78.616,90	4.407.718	2068911	
2025		67.152,44	42.915,75	4.879.402	2040973	
2030		87.507,04	24.370,33	5.401.561	2026670	

Tipe Pesawat	% Annual	Seat	Annual Departure Aircraft		Annual Arrival Aircraft	
			2025	2030	2025	2030
A320-200	1,32%	177	153	152	161	163
A330-300	0,20%	420	10	10	10	11
ATR42-300	5,20%	51	2079	2065	2189	2221
ATR42-500	2,85%	51	1141	1133	1202	1219
ATR72-500	6,49%	68	1947	1933	2050	2079
ATR72-600	1,83%	68	550	546	579	588
B737-300	11,41%	142	1640	1628	1727	1752
B737-400	3,87%	160	494	490	520	527
B737-800	20,58%	164	2561	2543	2696	2735
B737-900ER	46,25%	220	4290	4260	4518	4583
Jumlah	100,00%		14865	14761	15652	15877

Tahun	Arrival Passenger	PDRB ADHK (dalam milyar)	Nilai Ekspor NonMigas (dalam milyar)	Jumlah Penduduk	Skenario 7	Forecasting Error
Persamaan Regresi					Y = a + b (X1) + c (X2) + d (X3)	
					a	-5561368,709
					b	-48,235
					c	6,871
					d	2,184
					Rsquare	0,976
2005	654179	23.292,54	20.125,00	3.250.100		
2006	721548	24.452,26	27.441,60	3.345.784		
2007	773686	25.922,29	27.009,01	3.396.680		
2008	866845	27.593,09	49.373,93	3.446.631		
2009	1021297	29.051,63	51.448,36	3.496.125		
2010	1293930	30.674,12	50.746,18	3.642.637		
2011	1486247	32.552,60	89.152,48	3.714.340		
2012	1804996	34.413,31	91.883,69	3.784.981		
2013	1912631	36.196,22	108.375,75	3.854.485		
2014	1814929	37.951,73	100.751,40	3.922.790		
2015	1738989	39.545,71	76.180,50	3.981.632	1748794	
2020		51.532,42	78.616,90	4.407.718	2117751	
2025		67.152,44	42.915,75	4.879.402	2148989	
2030		87.507,04	24.370,33	5.401.561	2179945	

Peramalan Keberangkatan Tahunan Pesawat

Tipe Pesawat	Tahun						
	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
A320-200	137	156	156	156	156	153	152
A330-300	27	24	24	24	24	10	10
ATR42-300	581	612	612	612	612	2.079	2.065
ATR42-500	338	336	336	336	336	1.141	1.133
ATR72-500	1228	1016	884	806	764	1.947	1.933
ATR72-600	234	216	216	216	216	550	546
B737-300	1404	1346	1344	1344	1344	1.640	1.628
B737-400	379	440	448	456	456	494	490
B737-800	3238	2949	2728	2554	2424	2.561	2.543
B737-900ER	6109	5562	5466	5448	5448	4.290	4.260
Jumlah	13675	12657	12214	11952	11780	14865	14761

Perhitungan Peak Hour Tahun 2016-2020

Kode ICAO	Tahun	Perhit. Peak Hour				Tahun	Perhit. Peak Hour				Tahun	Perhit. Peak Hour				
	2016	Am	Adm	Vdm	Vh	2017	Am	Adm	Vdm	Vh	2018	Am	Adm	Vdm	Vh	
A320	137	12	0	0	0	156	13	0	1	0	156	13	0	1	0	
A333	27	2	0	0	0	24	2	0	0	0	24	2	0	0	0	
AT43	581	49	2	2	0	612	52	2	2	0	612	52	2	2	0	
AT45	338	28	1	1	0	336	28	1	1	0	336	28	1	1	0	
AT75	1228	103	3	4	0	1016	86	3	3	0	884	74	2	3	0	
AT76	234	20	1	1	0	216	18	1	1	0	216	18	1	1	0	
B733	1404	118	4	5	0	1346	113	4	5	0	1344	113	4	5	0	
B734	379	32	1	1	0	440	37	1	2	0	448	38	1	2	0	
B738	3238	273	9	11	1	2949	248	8	10	1	2728	230	7	9	1	
B739	6109	514	17	21	2	5562	468	15	19	2	5466	460	15	19	2	
Total	13675	1151	37	47	4	12657	1065	34	43	4	12214	1028	33	42	4	
Kode ICAO	Tahun	Perhit. Peak Hour				Tahun	Perhit. Peak Hour				Kode	Peak Hour Rencana				
	2019	Am	Adm	Vdm	Vh	2020	Am	Adm	Vdm	Vh	ICAO	2016	2017	2018	2019	2020
A320	156	13	0	1	0	156	13	0	1	0	A320	0	0	0	0	0
A333	24	2	0	0	0	24	2	0	0	0	A333	0	0	0	0	0
AT43	612	52	2	2	0	612	52	2	2	0	AT43	0	0	0	0	0
AT45	336	28	1	1	0	336	28	1	1	0	AT45	0	0	0	0	0
AT75	806	68	2	3	0	764	64	2	3	0	AT75	0	0	0	0	0
AT76	216	18	1	1	0	216	18	1	1	0	AT76	0	0	0	0	0
B733	1344	113	4	5	0	1344	113	4	5	0	B733	0	0	0	0	0
B734	456	38	1	2	0	456	38	1	2	0	B734	0	0	0	0	0
B738	2554	215	7	9	1	2424	204	7	8	1	B738	2	1	1	1	1
B739	5448	459	15	19	2	5448	459	15	19	2	B739	2	2	2	2	2
Total	11952	1006	32	41	4	11780	992	32	40	4	Total	4	3	3	3	3

Perhitungan Peak Hour Rencana Tahun 2016-2020

Kode ICAO	Kode Pesawat	Jam Puncak pada Tahun Rencana						
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
A320	B1	0	0	0	0	0	0	0
A333	B2	0	0	0	0	0	0	0
AT43	C4	0	0	0	0	0	1	1
AT45	C3	0	0	0	0	0	0	0
AT75	C1	0	0	0	0	0	1	1
AT76	C2	0	0	0	0	0	0	0
B733	B5	0	0	0	0	0	0	0
B734	B6	0	0	0	0	0	0	0
B738	B4	2	1	1	1	1	1	1
B739	B3	2	2	2	2	2	2	2
Total		4	3	3	3	3	5	5

Tahun	Jumlah Pesawat Tipe			Gerbang			Time		
	A	B	C	A	B	C			
2016	0	4	0	0	5	0	- T-A	1,00	jam
2017	0	3	0	0	4	0	- T-B	0,67	jam
2018	0	3	0	0	4	0	- T-C	0,50	jam
2019	0	3	0	0	4	0	U =	0,6	(0,6 - 0,8)
2020	0	3	0	0	4	0			
2025	0	3	2	0	4	2			
2030	0	3	2	0	4	2			

Perhitungan Peak Hour dan Jumlah Gate tahun 2025 dan 2030

Kode ICAO	Depart	Perhit. Peak Hour				Kode ICAO	Arrival	Perhit. Peak Hour				Peak Depart	Peak Arrival			
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	2	3			
		(2)*0,08417	(3)*0,03226	(4)*1,26	(5)*0,0917			(2)*0,08417	(3)*0,03226	(4)*1,26	(5)*0,03226					
A320	153	13	0	1	0,0	A320	161	14	0	1	0,1	0	0	Time		
A333	10	1	0	0	0,0	A333	10	1	0	0	0,0	0	0	- T-A	1,00	jam
AT43	2.076	175	6	7	0,7	AT43	2.186	184	6	7	0,7	1	1	- T-B	0,67	jam
AT45	1.152	97	3	4	0,4	AT45	1.213	102	3	4	0,4	0	0	- T-C	0,50	jam
AT75	2.250	189	6	8	0,7	AT75	2.369	199	6	8	0,7	1	1	U =	0,6	(0,6 - 0,8)
AT76	515	43	1	2	0,2	AT76	542	46	1	2	0,2	0	0	Jumlah Pesawat Tipe		
B733	1.526	128	4	5	0,5	B733	1.607	135	4	5	0,5	0	1	A	B	C
B734	493	41	1	2	0,2	B734	519	44	1	2	0,2	0	0		4	2
B738	2.566	216	7	9	0,8	B738	2.702	227	7	9	0,8	1	1	Gate		
B739	5.194	437	14	18	1,6	B739	5.469	460	15	19	1,7	2	2	A	B	C
Total	15935	1341	43	55	5,0	Total	16778	1412	46	57	6,0	5	6	0	5	2
Kode ICAO	Depart	Perhit. Peak Hour				Kode ICAO	Arrival	Perhit. Peak Hour				Peak Depart	Peak Arrival			
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	2	3			
		(2)*0,08417	(3)*0,03226	(4)*1,26	(5)*0,0917			(2)*0,08417	(3)*0,03226	(4)*1,26	(5)*0,03226					
A320	152	13	0	1	0,0	A320	164	14	0	1	0,1	0	0	Time		
A333	10	1	0	0	0,0	A333	10	1	0	0	0,0	0	0	- T-A	1,00	jam
AT43	2.062	174	6	7	0,6	AT43	2.218	187	6	8	0,7	1	1	- T-B	0,67	jam
AT45	1.144	96	3	4	0,4	AT45	1.230	104	3	4	0,4	0	0	- T-C	0,50	jam
AT75	2.234	188	6	8	0,7	AT75	2.403	202	7	8	0,8	1	1	U =	0,6	(0,6 - 0,8)
AT76	512	43	1	2	0,2	AT76	550	46	1	2	0,2	0	0	Jumlah Pesawat Tipe		
B733	1.515	128	4	5	0,5	B733	1.630	137	4	6	0,5	0	1	A	B	C
B734	489	41	1	2	0,2	B734	526	44	1	2	0,2	0	0		4	2
B738	2.548	214	7	9	0,8	B738	2.741	231	7	9	0,9	1	1	Gate		
B739	5.158	434	14	18	1,6	B739	5.548	467	15	19	1,7	2	2	A	B	C
Total	15824	1332	43	54	5,0	Total	17020	1433	46	58	6,0	5	6	0	5	2

Perhitungan Dimensi *Gate* Rencana

Kode Pesawat	Kode ICAO	Gol. Pesawat	Panjang	Lebar Sayap	Jarak Roda	Radius	Jarak Bebas	Lebar	Dimensi Apron	
									Panjang	Lebar
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B1	A320	B	37,57	34,2	12,5	24,3	8	88	56,6	134,0
B2	A330	B	58,37	60,3	25,6	44,9	8	88	97,9	154,8
B3	B739	B	42,1	34,32	15,6	26,2	8	88	60,3	138,5
B4	B738	B	39,5	35,8	15,8	27,0	8	88	62,0	135,9
B5	B733	B	30,5	28,9	12,5	21,7	8	88	51,3	126,9
B6	B734	B	36,5	28,9	14,3	22,7	8	88	53,4	132,9
B7	B735	B	30,5	28,9	11,1	20,9	8	88	49,7	126,9
C1	AT75	C	27,16	27,05	10,8	19,8	8	49	47,5	83,9
C2	AT76	C	27,16	27,05	10,8	19,8	8	49	47,5	83,9
C3	AT45	C	22,67	24,57	8,8	17,4	8	49	43	79
C4	AT43	C	22,67	24,4	8,8	17,3	8	49	43	79

*lebar apron merupakan lebar 1 taxilane

Tahun		2015			2016			Tahun		2016			2017			2018		
		A	B	C	A	B	C			A	B	C						
		0	4	1			0	5	0			0	5	0				
Komo sisi	Komposisi Jenis Pesawat					Dimensi Apron			Komposisi Jenis Pesawat					Dimensi Apron				
	B1	B3	B4	C1	C2	P (m)	L (m)	Luas (m2)	B1	B3	B4	C1	C2	P (m)	L (m)	Luas (m2)		
1	4				1	274	155	42413	5					283	155	43824		
2		4			1	289	155	44704		5				302	155	46687		
3			4		1	296	155	45763			5			310	155	48010		
4	2	2			1	281	155	43559		2	3			307	155	47481		
5		2	2		1	292	155	45233	3	2				291	155	44969		
6	2		2		1	285	155	44088	2	3				294	155	45541		
7	5					283	155	43824		3	2			305	155	47216		
8		5				302	155	46687		1	4			309	155	47746		
9			5			310	155	48010	1		4			305	155	47173		
	Dimensi Apron =					310	155	45763	Dimensi Apron =					310	155	48010		

Tahun 2017			A	B	C	Tahun 2018			A	B	C					
			0	4	0				0	4	0					
Kompo sisi	Komposisi Jenis Pesawat					Dimensi Apron			Komposisi Jenis Pesawat					Dimensi Apron		
	B1	B3	B4	C1	C2	P (m)	L (m)	Luas (m2)	B1	B3	B4	C1	C2	P (m)	L (m)	Luas (m2)
1	4					227	155	35059	4					227	155	35059
2		4				241	155	37349		4				241	155	37349
3			4			248	155	38408			4			248	155	38408
4	1	1	2			241	155	37306	1	1	2			241	155	37306
5	1	2	1			239	155	37041	1	2	1			239	155	37041
6	2	1	1			236	155	36469	2	1	1			236	155	36469
7	3	1				230	155	35632	3	1				230	155	35632
8		3	1			243	155	37614		3	1			243	155	37614
9		1	3			246	155	38144		1	3			246	155	38144
	Dimensi Apron =					248	155	38408	Dimensi Apron =					248	155	38408

Tahun		2019	A	B	C				Tahun	2020	A	B	C			
			0	4	0						0	4	0			
Kompo sisi	Komposisi Jenis Pesawat					Dimensi Landas Parkir			Komposisi Jenis Pesawat					Dimensi Apron		
	B1	B3	B4	C1	C2	P (m)	L (m)	Luas (m2)	B1	B3	B4	C1	C2	P (m)	L (m)	Luas (m2)
1	4					227	155	35059	4					227	155	35059
2		4				241	155	37349		4				241	155	37349
3			4			248	155	38408			4			248	155	38408
4	1	1	2			241	155	37306	1	1	2			241	155	37306
5	1	2	1			239	155	37041	1	2	1			239	155	37041
6	2	1	1			236	155	36469	2	1	1			236	155	36469
7	3	1				230	155	35632	3	1				230	155	35632
8		3	1			243	155	37614		3	1			243	155	37614
9		1	3			246	155	38144		1	3			246	155	38144
Dimensi Landas Parkir yang dibutuhkan =						248	155	38408	Dimensi Apron =					248	155	38408

Tahun 2025			A	B	C	Tahun 2030			A	B	C					
			0	5	2				0	5	2					
Kompo sisi	Komposisi Jenis Pesawat					Dimensi Apron			Komposisi Jenis Pesawat					Dimensi Apron		
	B1	B3	B4	C1	C2	P (m)	L (m)	Luas (m2)	B1	B3	B4	C1	C2	P (m)	L (m)	Luas (m2)
1	1	2	2		2	396	155	61352	1	2	2		2	396	155	61352
2	2	3			2	389	155	60250	2	3			2	389	155	60250
3	2		3		2	394	155	61045	2		3		2	394	155	61045
4	3		2		2	389	155	60207	3		2		2	389	155	60207
5		2	3		2	402	155	62190		2	3		2	402	155	62190
6		3	2		2	400	155	61925		3	2		2	400	155	61925
7	7					396	155	61353	7					396	155	61353
8		7				422	155	65361		7				422	155	65361
9			7			434	155	67215			7			434	155	67215
	Dimensi Apron =					434	155	62190	Dimensi Apron =					434	155	62190

Tahun	Kebutuhan Dimensi Apron			Rencana Dimensi Apron			Rasio Landas Parkir
	P (m)	L (m)	Luas (m2)	P (m)	L (m)	Luas (m2)	
2015	310,2	154,8	48010,5	336,0	154,8	52000,0	0,9
2016	310,2	154,8	48010,5	336,0	154,8	52000,0	0,9
2017	310,2	154,8	48010,5	336,0	154,8	52000,0	0,9
2018	248,2	154,8	38408,4	336,0	154,8	52000,0	0,7
2019	248,2	154,8	38408,4	336,0	154,8	52000,0	0,7
2020	248,2	154,8	38408,4	336,0	154,8	52000,0	0,7
2025	434,3	154,8	67214,7	434,3	154,8	67214,7	1,0
2030	434,3	154,8	67214,7	434,3	154,8	67214,7	1,0

Dimensi Apron Eksisiting		
P (m)	L (m)	Luas (m2)
336	152	51072

Boeing 737-900ER

Performance Data

[illegible]

L Approach	=	2110	m	(410 m titik touchdown)
L Take-Off	=	2256	m	
Elevasi	=	19,812	mdpl	
Suhu Lap.	=	37	° C	
Suhu atm standar pd elv. +32,89 :		14,87122	° C	
Gradien ef	=	0,8	%	

Penentuan Gradien Effektif of Runway

Elv. RW10	21	m
Elv. RW28	24	m
Elv. Centre	23	m

Sumber : Google Earth, 06/04/2016

ΔH - RW10 2 m

ΔH - RW28 1 m

Rumus = $\frac{\Delta H - RW_{10}}{\text{panjang dasar}}$	=	$\frac{2}{1250}$	=	0,16	%	0,8	%
Rumus = $\frac{\Delta H - RW_{28}}{\text{panjang dasar}}$	=	$\frac{1}{1250}$	=	0,08	%		

Panjang Take-Off

- Koreksi terhadap Elevasi (Fe)

$$= 1 + 0,07 (h/300)$$

$$= 1,0046$$

$$0,06604 \quad 0,004623$$

- Koreksi terhadap Temperatur (Ft)

$$= 1 + 0,01 (T - (15 - 0,0065h))$$
$$= 1,2213$$

0,128778

- Koreksi terhadap Gradien efektif (F_s)

$$= 1 + 0,1 \times S$$
$$= 1,0008$$

Maka, ARFL (panjang runway terkoreksi) :

$$\text{ARFL} = \frac{\text{Lr0}}{\text{Fe} \times \text{Ft} \times \text{Fs}}$$

$$\text{Lr0} = 2770,2 \quad \text{m}$$

Jadi, panjang runway minimum adalah

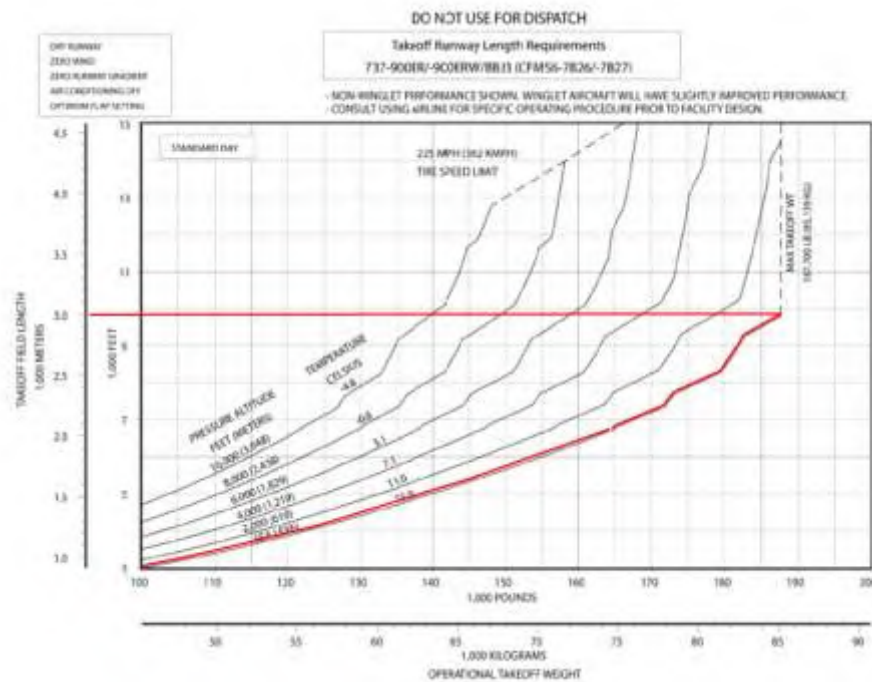
2771	m
------	---

Penentuan Panjang Runway Cara Grafis

Jenis Pesawat	=	Boeing 737-900ER	
Max. Landing Weight	=	157300 lb	71350 kg
Allowance Slippery Pavement	=	9,5 %	
Normal Max. Temperature	=	80 °F	
Aiport Elevation	=	19,812 m	65 ft
Flight distance	=	7300 mil	
Take off weight	=	187700 lb	85130 kg
Effective runway gradient	=	0,8 %	

Spesifikasi Boeing 737 Class

Boeing 737 MAX Cabin Specifications					
	737 MAX 8	737 MAX 8 737 MAX 8X	737 MAX 9	737 MAX 10	737 MAX 12
Cockpit crew	Two				
Seating capacity ⁽¹⁾	149 (1-class, maximum) 152 (1-class, typical) 168 (2-class, typical)	148 (1-class, dense) 149 (1-class, typical) 126 (2-class, typical)	189 (1-class, dense) 179 (1-class, typical) 169 (2-class, typical)	228 (1-class, high-density, maximum configuration) 204 (1-class, typical) 174 (2-class, typical)	up to 148 (all passenger layout)
Seat pitch	36 in (91 cm) (1-class, dense) 32 in (81 cm) (1-class, typical) 36 in (91 cm) 32 in (81 cm) (2-class, typical)			28 in (71 cm) (1-class, high-density) 36 in (91 cm) (1-class, dense) 36 in (91 cm) 32 in (81 cm) (2-class, typical)	
Seat width	17.2 in (44 cm) (1-class, 8-direct seating)				
Overall length	152.8 ft (46.5 m)	110.8 ft (33.8 m)	129.8 ft (39.5 m)	139.4 ft (42.5 m)	150.4 ft (45.8 m)
Wingspan	117.9 ft (35.9 m)				
Overall height	41.8 ft (12.6 m)	41.8 ft (12.6 m)			41.8 ft (12.6 m)
Wing sweepback	25.0° (43° max)				
Wing aspect ratio	9.45				
Fuselage width	12.9 ft (3.9 m)				
Fuselage height	13.6 ft (4.1 m)				
Maximum cabin width	11.8 ft (3.58 m)				
Cabin height	7.8 ft (2.38 m)				
Operating empty weight	30,031 lb (13,676 kg)	34,100 lb (15,467 kg)	39,356 lb (17,853 kg)	38,458 lb (17,442 kg)	33,000 lb (14,969 kg)
Maximum landing weight ⁽²⁾	126,500 lb (57,400 kg)	134,000 lb (60,761 kg)	145,300 lb (66,361 kg)	157,300 lb (71,350 kg)	129,200 lb (58,604 kg)
Maximum takeoff weight	145,500 lb (66,000 kg)	Basic: 154,500 lb (70,000 kg) EO: 171,000 lb (77,600 kg)	174,200 lb (79,015 kg)	187,700 lb (85,138 kg)	171,000 lb (77,600 kg)
Cargo capacity	736 cu ft (21.0 m³)	986 cu ft (27.9 m³)	1,681 cu ft (47.7 m³)	1,862 cu ft (52.6 m³)	up to 1,830 cu ft (51.7 m³) up to 40,000 lb (18,183 kg) (all cargo layout)
Takeoff time at MTOW (max. thrust, 50 ft)	5.741 s (0.752 min)	Basic: 4.288 s (0.681 min) EO: 6.090 s (0.700 min)	7.074 s (0.430 min)	9.343 s (0.150 min)	
Service ceiling	41,000 ft (12,500 m)				
Cruising speed	Mach 0.795 (447 in./s, 510 mph, 854 km/h)			Mach 0.78 (444 in./s, 511 mph, 826 km/h)	Mach 0.795 (447 in./s, 510 mph, 854 km/h)
Maximum speed	Mach 0.825 (475 in./s, 545 mph, 877 km/h)				Mach 0.82 (471 in./s, 541 mph, 871 km/h)
Range fully loaded	Basic: 3,000 nmi (5,540 km) WL: 3,225 nmi (5,975 km)	Basic: 3,385 nmi (6,270 km) WL: 3,440 nmi (6,375 km) 85% 3,775 nmi (7,008 km) in 1-class layout with 8 rows, basic	Basic: 3,000 nmi (5,540 km) WL: 3,115 nmi (5,785 km)	Basic: 3,300 nmi (6,095 km) in 2-class layout with 2 rows, basic WL: 3,265 nmi (6,045 km) in 2-class layout with 2 rows, basic	Cargo: 3,000 nmi (5,540 km) Passenger: 3,265 nmi (6,045 km)
Max. fuel capacity	16,900 gal (63,975 gal) (39,000 L) 29,100 gal (110,370 gal) (63,000 L)			7,300 gal (27,600 L)	8,875 gal (33,800 L)
Engine (in 2)	CFM56-7B22		CFM56-7B28	CFM56-7B27	CFM56-7
Max. thrust (in 2)	22,700 lbf (101.5 kN)		26,300 lbf (117.0 kN)	27,300 lbf (121.7 kN)	27,300 lbf (121.4 kN)
Cruising thrust (in 2)	8,210 lbf (36.2 kN)			8,450 lbf (37.4 kN)	
Fuel/oil diameter	61 in (1.55 m)				
Engine length	98.7 in (2.51 m)				
Engine ground clearance	10 in (0.25 m)				



Panjang runway untuk Take-off dari grafik didapatkan sebesar :

$$= \boxed{3000} \text{ m} = \boxed{9842,52} \text{ Ft}$$

- Koreksi terhadap Gradien efektif (Fs)

$$= 1 + 0,1 \times S \quad S = 0,8 \%$$

$$= \boxed{1,0008}$$

Penambahan panjang runway dengan setiap Gradien Efektif Runway 1%

$$L_{StM} = \boxed{0,0008} \quad 10\% \text{ untuk pesawat turbojet}$$

$$L_{Rw} = \boxed{3002,4} \text{ m} \quad 20\% \text{ untuk pesawat piston and turboprop}$$

L_{StM} = penambahan panjang vs mesin

- Panjang terkoreksi akibat Gradien Efektif

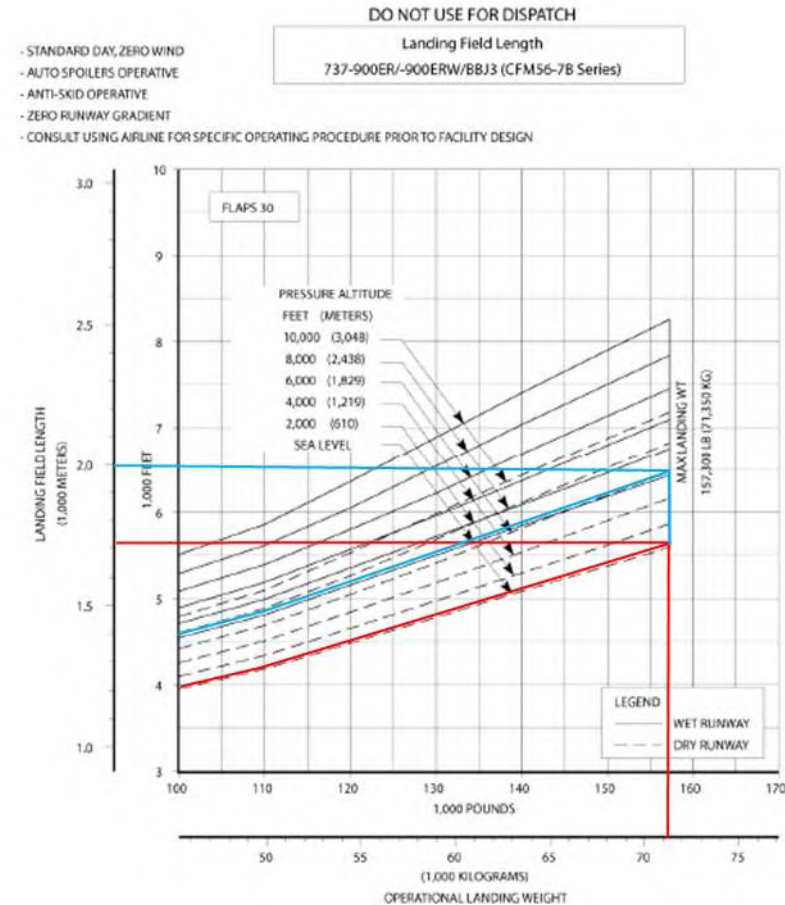
$$= \boxed{3005} \text{ m} \quad 285,475$$

- Panjang terkoreksi akibat Slippery Pavement

$$\text{Koreksi akibat slippery pavement} = \boxed{9,5} \text{ \%} \quad 5\% - 9,5\%$$

$$\text{Wet runway} = \boxed{3291} \text{ m}$$

$$\text{Panjang Take-Off minimum sebesar} = \boxed{3291} \text{ m} = \boxed{10797,24} \text{ ft}$$



Panjang runway untuk Landing dari grafik didapatkan sebesar :

Dry	=	1710	m	=	5610,236	Ft
Wet	=	1998	m	=	6555,118	Ft

- Koreksi terhadap Gradien efektif (Fs)

= 1 + 0,1 x S S = 0,8 %
= 1,0008

Penambahan panjang runway dengan setiap Gradien Efektif Runway 1%

L StM=	0,08	%	10% untuk pesawat turbojet
L Rw=	1846,8	m	20% untuk pesawat piston and turboprop
L Stm = penambahan panjang vs mesin			
L StM=	0,08	%	10% untuk pesawat turbojet
L Rw=	2157,84	m	20% untuk pesawat piston and turboprop

- Panjang terkoreksi akibat Gradien Efektif

Dry	=	1849	m
Wet	=	2160	m

- Panjang terkoreksi akibat Slippery Pavement

Koreksi akibat slippery pavement =	9,5	%	5% - 9,5%
Wet runway =	2366	m	

Panjang Landing minimum sebesar = 2366 m = 7762,467 ft

Boeing 737-900ER

jarak Penerbangan	Banjarmasin - Halim PK	jarak Penerbangan	Banjarmasin - Cengkareng
Jarak =	927,97 km 576,61 mil	Jarak =	947,16 km 588,54 mil
BJ Avtur 1 =	0,804 kg/L	BJ Avtur 1 =	0,804 kg/L
BJ Avtur 2 =	0,82 kg/L	BJ Avtur 2 =	0,82 kg/L
Fuel Cons =	3173,657 kg	Fuel Cons =	3239,287 kg
=	3947,335 L	=	4028,964 L
=	3870,314 L	=	3950,35 L
Fuel Cap =	15789,34 L	Fuel Cap =	16115,86 L
Fuel Weight =	12694,63 kg	Fuel Weight =	12957,15 kg 12957,15
Psggr Weight =	21120 kg	Psggr Weight =	21120 kg
Payload =	33814,63 kg	Payload =	34077,15 kg
MTOWrev =	78490,63 kg	MTOWrev =	78753,15 kg
=	78500 kg	=	78750 kg

jarak Penerbangan	Banjarmasin - Bandung	OEW =	44676 kg
Jarak =	882,77 km 548,53 mil	MTOW =	85130 kg
BJ Avtur 1 =	0,804 kg/L	Fuel Burn =	3,42 kg/km
BJ Avtur 2 =	0,82 kg/L	Fuel Cap =	29660 L
Fuel Cons =	3019,073 kg		23846,64 kg
=	3755,066 L		24321,2 kg
=	3681,797 L	Passenger weight =	16132,8 kg
Fuel Cap rev =	15020,27 L	seat =	220 pax
Fuel Weight =	12076,29 kg	LF =	0,8
Psggr Weight =	21120 kg	pass per seat =	91,66364 kg/seat
Payload =	33196,29 kg	pass/seat rev =	120 kg/seat
MTOWrev =	77872,29 kg	Passenger weight =	21120 kg
=	77900 kg		

Fuel Capacity diisi sebanyak = 4 x Fuel Consumption jarak terjauh
= 4 x 4028,964 L
= 16115,86 L = 12957,15 kg

Jadi, MTOW Revisi Boeing 737-900ER sebesar : 78750 kg

DATA ARAH DAN KECEPATAN ANGIN (2000 - 2011)

LOKASI : STASIUN METEOROLOGI SYAMSUDIN NOOR BANJARMASIN
 GARIS LINTANG : 03 27 00
 GARIS BUJUR : 114 45 00
 TINGGI DIATAS PERMUKAAN LAUT : 66 Ft

Kecepatan dalam Knot

NO	TAHUN	JANUARI				FEBRUARI				MARET				APRIL				MEI				JUNI			
		Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah
1	2000	5	NW	12	W	5	NW	10	SW	5	W	10	E	5	W	10	S	5	S	10	S	5	S	10	S
2	2001	6	NW	12	NW	6	NW	12	NW	4	W	12	NW	4	SW	7	NW	5	SW	12	SW	4	SE	10	SE
3	2002	4	W	10	NW	4	SW	10	SW	4	NW	8	N	5	NE	12	SW	5	NW	10	SW	4	SE	10	SE
4	2003	5	W	13	W	5	NW	20	SW	5	NE	13	S	5	NE	20	SW	5	S	10	SW	4	SE	12	S
5	2004	5	W	12	SW	5	SW	13	W	5	W	15	W	4	SE	18	SE	4	SW	12	E	4	S	12	S
6	2005	4	S	15	W	4	N	18	W	5	NW	15	W	4	N	10	S	4	SE	14	S	5	SE	18	SE
7	2006	4	SW	22	SW	6	N	15	SW	5	S	24	N	4	N	41	SE	4	SE	19	S	4	SE	19	SE
8	2007	6	S	22	SW	5	SE	21	S	5	NW	40	W	4	N	16	SW	5	SE	21	SE	4	SE	18	S
9	2008	6	SW	18	W	5	SW	15	SW	5	SE	18	W	5	N	16	W	5	S	22	NE	5	E	13	S
10	2009	5	SW	21	W	5	SW	15	W	5	NW	13	SW	5	N	16	W	5	SE	25	SE	5	SE	10	S
11	2010	5	NW	12	SW	5	N	14	W	5	W	16	NW	5	NW	15	W	5	NW	20	S	5	NE	16	SE
12	2011	5	NW	17	W	5	NW	14	NW	5	SW	27	SW	5	SW	14	W	5	SE	18	E	5	SE	17	SE

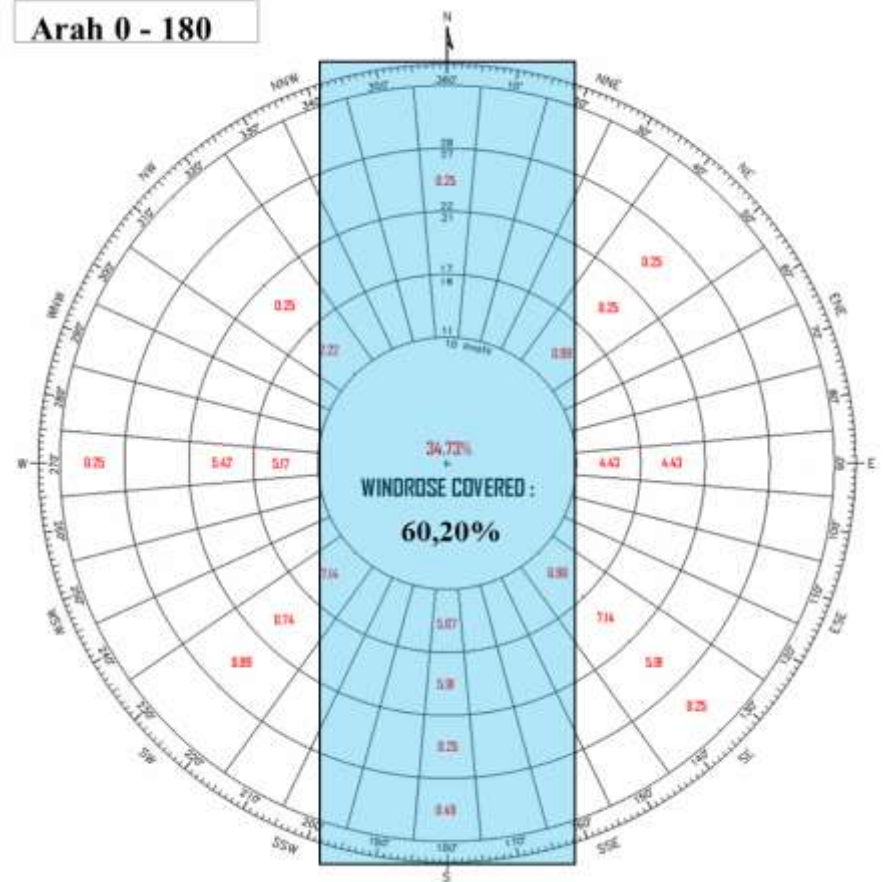
NO	TAHUN	JULI				AGUSTUS				SEPTEMBER				OKTOBER				NOVEMBER				DESEMBER			
		Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah	Rata ²	Arah	Max	Arah
1	2000	5	SE	12	SE	6	SE	10	SW	5	SE	12	SE	5	S	10	SW	6	SW	10	SW	6	NW	12	NW
2	2001	4	W	10	N	5	SE	14	S	5	SE	12	NE	5	SE	12	NE	4	W	10	W	4	W	12	NW
3	2002	4	SE	9	S	4	SE	12	SW	4	SW	10	SW	4	SW	10	S	4	W	10	W	5	NW	13	SW
4	2003	4	S	10	SE	5	SE	12	SE	5	S	17	S	5	SE	15	SE	5	SW	20	SW	5	W	15	W
5	2004	4	SE	13	S	6	S	10	S	4	SE	14	SE	4	NW	14	W	3	SW	13	SW	3	NW	14	SW
6	2005	5	SE	30	S	3	SE	14	SE	7	SE	15	SE	6	NE	15	E	4	SE	45	S	5	NW	21	S
7	2006	5	SE	14	NE	5	SE	22	SE	5	NE	16	SE	5	SE	16	SE	4	N	24	S	4	SE	24	SE
8	2007	4	SE	14	NE	6	SE	21	SE	6	E	18	NE	5	SE	16	SE	5	SE	16	S	4	N	22	SW
9	2008	5	SE	15	SE	6	SE	18	S	6	SE	18	SE	5	SE	18	SE	5	SE	15	W	5	SW	12	W
10	2009	5	S	13	NW	6	SE	14	E	6	SE	15	E	6	SE	15	E	5	SE	15	S	5	NW	12	W
11	2010	5	SE	12	W	5	SE	17	W	5	SE	15	SW	5	NW	18	NW	5	NW	12	SE	5	NE	16	W
12	2011	6	SE	14	SE	6	SE	17	E	6	SE	19	SE												

Presentase Januari-Desember 2000 - 2011

Arah	Kecepatan Angin (knot)					Total
	0-10	11-16	17-21	22-27	>28	
N	2,46%			0,25%		2,71%
NE	1,72%	0,99%	0,25%	0,25%		3,20%
E	0,49%	4,43%	4,43%			9,36%
SE	13,55%	6,90%	7,14%	5,91%	0,25%	33,74%
S	3,20%	5,67%	5,91%	0,25%	0,49%	15,52%
SW	4,43%	7,14%	0,74%	0,99%		13,30%
W	3,20%	5,17%	5,42%		0,25%	14,04%
NW	5,67%	2,22%	0,25%			8,13%
Jumlah	34,73%	32,51%	24,14%	7,64%	0,99%	100%

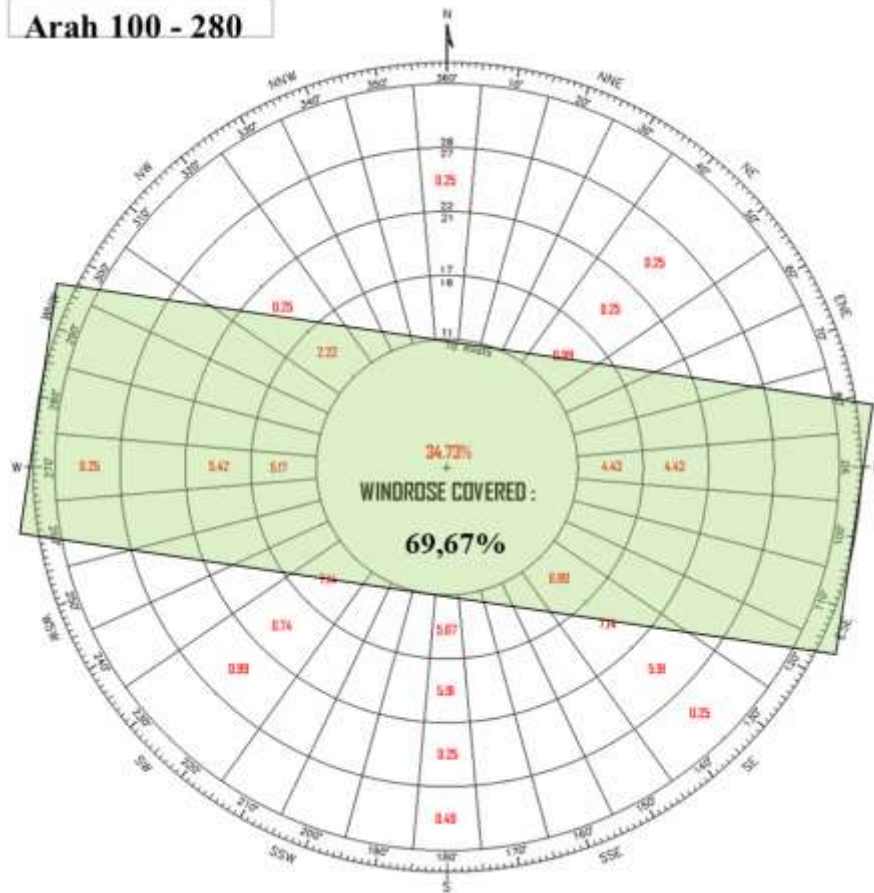
Persentase Windrose vs Arah Landas Pacu

Arah	Kecepatan Angin (knot)					Total
	0-10	11-16	17-21	22-27	>28	
0 - 180	34,7%	17,73%	6,75%	0,49%	0,49%	60,20%
45 - 225	34,7%	18,82%	11,23%	1,23%	0%	66,01%
90 - 270	34,7%	21,67%	10,64%	0%	0,25%	67,29%
100 - 280	34,7%	20,70%	12,81%	1,18%	0,25%	69,67%
135 - 315	34,7%	19,80%	10,54%	5,91%	0,25%	71,23%
175 - 355	34,7%	19,15%	8,13%	0,49%	0,49%	62,99%

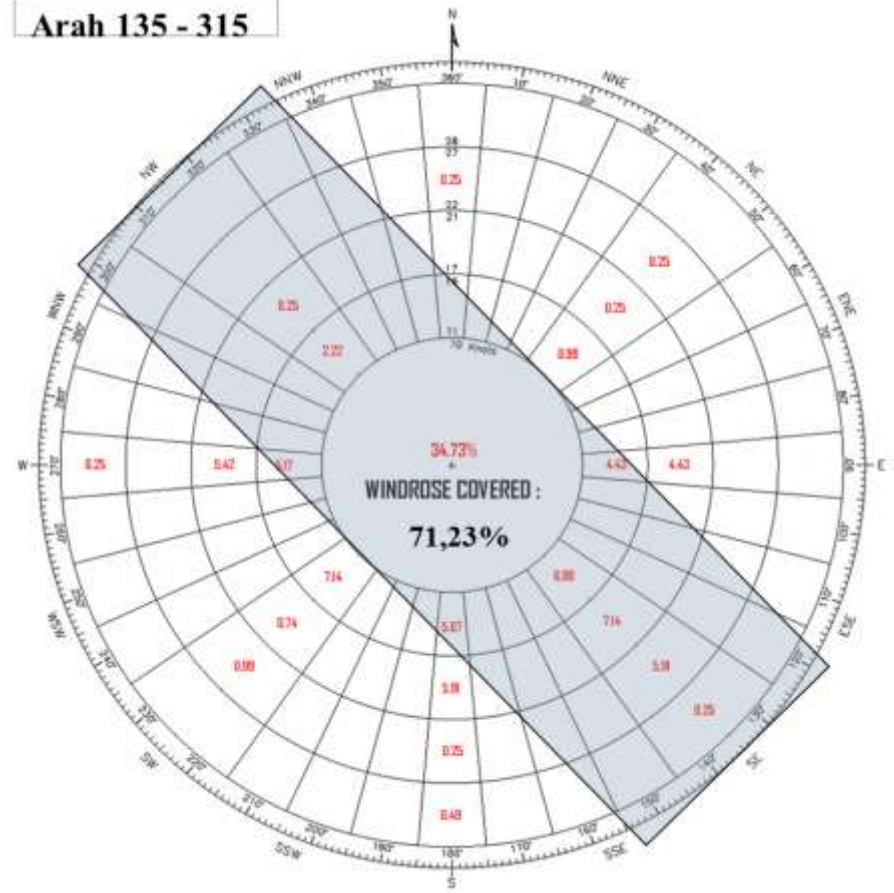


[illegible]

Arah 100 - 280



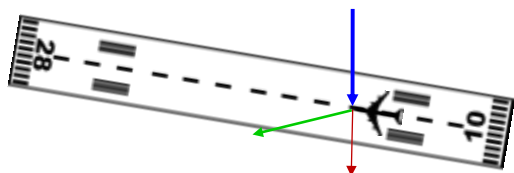
Arah 135 - 315



Perhitungan Keamanan akibat Crosswind terhadap arah landasan 100-280

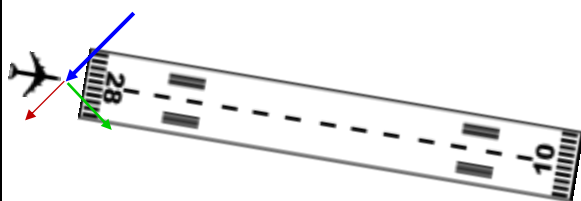
Runway Direction	280	- 100	Wind Speed	Resultant	Direction		Safety
Aircraft	Vapp	β 0 °	24 α	knot from			
1	2	3	4	5	6	7	8
A320-200	137	23,64	9,93 °	R	139	knot	SAFE
A330-300	130	23,64	10,5 °	R	132	knot	SAFE
ATR42-300	120	23,64	11,4 °	R	122	knot	SAFE
ATR42-500	110	23,64	12,4 °	R	113	knot	SAFE
ATR72-500	113	23,64	12,1 °	R	116	knot	SAFE
ATR72-600	113	23,64	12,1 °	R	116	knot	SAFE
Boeing 737-300	130	23,64	10,5 °	R	132	knot	SAFE
Boeing 737-400	137	23,64	9,93 °	R	139	knot	SAFE
Boeing 737-800/NG	140	23,64	9,72 °	R	142	knot	SAFE
Boeing 737-900ER	145	23,64	9,38 °	R	147	knot	SAFE
Cessna 208 Caravan	61	23,64	22,8 °	R	66	knot	NOT SAFE

3 = Crosswind
 $3 = \text{Wind Speed} \times \cos(\beta - \text{Runway Direction})$
 $4 = \text{DEGREES}(\text{ASIN}(3/2))$
 $5 = \text{IF}(3 < 0, "L", "R")$
 $6 = (2) / \text{COS}(\text{RADIANS}(4))$



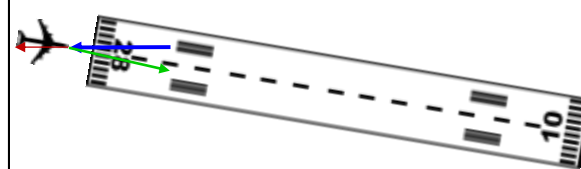
Runway Direction	100	- 280	Wind Speed	Resultant	Direction		Safety
Aircraft	Vapp	β 45 °	22 α	knot from			
1	2	3	4	5	6	7	8
A320-200	137	-18	7,56 °	L	138	knot	SAFE
A330-300	130	-18	7,97 °	L	131	knot	SAFE
ATR42-300	120	-18	8,64 °	L	121	knot	SAFE
ATR42-500	110	-18	9,43 °	L	112	knot	SAFE
ATR72-500	113	-18	9,18 °	L	114	knot	SAFE
ATR72-600	113	-18	9,18 °	L	114	knot	SAFE
Boeing 737-300	130	-18	7,97 °	L	131	knot	SAFE
Boeing 737-400	137	-18	7,56 °	L	138	knot	SAFE
Boeing 737-800/NG	140	-18	7,4 °	L	141	knot	SAFE
Boeing 737-900ER	145	-18	7,14 °	L	146	knot	SAFE
Cessna 208 Caravan	61	-18	17,2 °	L	64	knot	SAFE

3 = Crosswind
 $3 = \text{Wind Speed} \times \cos(\beta - \text{Runway Direction})$
 $4 = \text{DEGREES}(\text{ASIN}(3/2))$
 $5 = \text{IF}(3 < 0, "L", "R")$
 $6 = (2) / \text{COS}(\text{RADIANS}(4))$



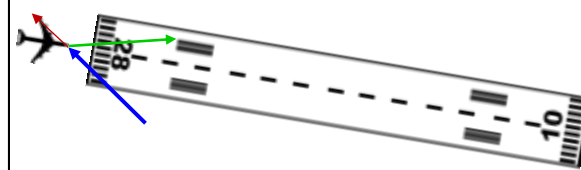
Runway Direction	100	- 280	Wind Speed	Resultant	Direction		Safety
Aircraft	Vapp	β 90 °	18 α	knot from			
1	2	3	4	5	6	7	8
A320-200	137	-3,13	1,31 °	L	137	knot	SAFE
A330-300	130	-3,13	1,38 °	L	130	knot	SAFE
ATR42-300	120	-3,13	1,49 °	L	120	knot	SAFE
ATR42-500	110	-3,13	1,63 °	L	110	knot	SAFE
ATR72-500	113	-3,13	1,59 °	L	113	knot	SAFE
ATR72-600	113	-3,13	1,59 °	L	113	knot	SAFE
Boeing 737-300	130	-3,13	1,38 °	L	130	knot	SAFE
Boeing 737-400	137	-3,13	1,31 °	L	137	knot	SAFE
Boeing 737-800/NG	140	-3,13	1,28 °	L	140	knot	SAFE
Boeing 737-900ER	145	-3,13	1,24 °	L	145	knot	SAFE
Cessna 208 Caravan	61	-3,13	2,94 °	L	61	knot	SAFE

3 = Crosswind
 $3 = \text{Wind Speed} \times \cos(\beta - \text{Runway Direction})$
 $4 = \text{DEGREES}(\text{ASIN}(3/2))$
 $5 = \text{IF}(3 < 0, "L", "R")$
 $6 = (2) / \text{COS}(\text{RADIANS}(4))$



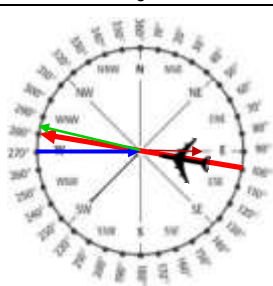
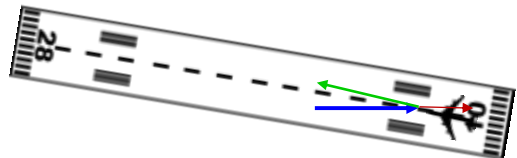
Runway Direction	100	- 280	Wind Speed	Resultant	Direction		Safety
Aircraft	Vapp	β 135 °	41 α	knot from			
1	2	3	4	5	6	7	8
A320-200	137	23,52	9,88 °	R	139	knot	SAFE
A330-300	130	23,52	10,4 °	R	132	knot	SAFE
ATR42-300	120	23,52	11,3 °	R	122	knot	SAFE
ATR42-500	110	23,52	12,3 °	R	113	knot	SAFE
ATR72-500	113	23,52	12 °	R	116	knot	SAFE
ATR72-600	113	23,52	12 °	R	116	knot	SAFE
Boeing 737-300	130	23,52	10,4 °	R	132	knot	SAFE
Boeing 737-400	137	23,52	9,88 °	R	139	knot	SAFE
Boeing 737-800/NG	140	23,52	9,67 °	R	142	knot	SAFE
Boeing 737-900ER	145	23,52	9,33 °	R	147	knot	SAFE
Cessna 208 Caravan	61	23,52	22,7 °	R	66	knot	NOT SAFE

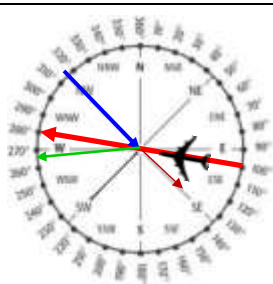
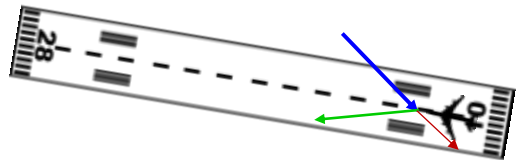
3 = Crosswind
 $3 = \text{Wind Speed} \times \cos(\beta - \text{Runway Direction})$
 $4 = \text{DEGREES}(\text{ASIN}(3/2))$
 $5 = \text{IF}(3 < 0, "L", "R")$
 $6 = (2) / \text{COS}(\text{RADIANS}(4))$



Runway Direction	100	- 280	Wind Speed			Resultant		Direction	Safety
Aircraft	Vapp	β	45	knot	from	Vres			
1	2	3	4	5	6	7			
A320-200	137	44,32	18,9 °	R	145	knot		NOT SAFE	
A330-300	130	44,32	19,9 °	R	138	knot		NOT SAFE	
ATR42-300	120	44,32	21,7 °	R	129	knot		NOT SAFE	
ATR42-500	110	44,32	23,8 °	R	120	knot		NOT SAFE	
ATR72-500	113	44,32	23,1 °	R	123	knot		NOT SAFE	
ATR72-600	113	44,32	23,1 °	R	123	knot		NOT SAFE	
Boeing 737-300	130	44,32	19,9 °	R	138	knot		NOT SAFE	
Boeing 737-400	137	44,32	18,9 °	R	145	knot		NOT SAFE	
Boeing 737-800/NG	140	44,32	18,5 °	R	148	knot		NOT SAFE	
Boeing 737-900ER	145	44,32	17,8 °	R	152	knot		NOT SAFE	
Cessna 208 Caravan	61	44,32	46,6 °	R	89	knot		NOT SAFE	
<p>3 = Crosswind 3 = Wind Speed x cos (β - Runway Direction) 4 = DEGREES(ASIN(3/2)) 5 = IF(3 < 0;"L";"R") 6 = (2) / COS (RADIANS(4))</p>									

Runway Direction	280	- 100	Wind Speed			Resultant		Direction	Safety
Aircraft	Vapp	β	27	knot	from	Vres			
1	2	3	4	5	6	7			
A320-200	137	-22,1	9,29 °	L	139	knot		SAFE	
A330-300	130	-22,1	9,8 °	L	132	knot		SAFE	
ATR42-300	120	-22,1	10,6 °	L	122	knot		SAFE	
ATR42-500	110	-22,1	11,6 °	L	112	knot		SAFE	
ATR72-500	113	-22,1	11,3 °	L	115	knot		SAFE	
ATR72-600	113	-22,1	11,3 °	L	115	knot		SAFE	
Boeing 737-300	130	-22,1	9,8 °	L	132	knot		SAFE	
Boeing 737-400	137	-22,1	9,29 °	L	139	knot		SAFE	
Boeing 737-800/NG	140	-22,1	9,09 °	L	142	knot		SAFE	
Boeing 737-900ER	145	-22,1	8,77 °	L	147	knot		SAFE	
Cessna 208 Caravan	61	-22,1	21,3 °	L	65	knot		NOT SAFE	
<p>3 = Crosswind 3 = Wind Speed x cos (β - Runway Direction) 4 = DEGREES(ASIN(3/2)) 5 = IF(3 < 0;"L";"R") 6 = (2) / COS (RADIANS(4))</p>									

Runway Direction	280	- 100	Wind Speed			Resultant		<div>Direction</div>  <th>Safety</th>	Safety
Aircraft	Vapp	β	27	knot	Vres		8		9
1	2	3	4	5	6	7			
A320-200	137	-4,69	1,96 °	L	137	knot			SAFE
A330-300	130	-4,69	2,07 °	L	130	knot			SAFE
ATR42-300	120	-4,69	2,24 °	L	120	knot			SAFE
ATR42-500	110	-4,69	2,44 °	L	110	knot			SAFE
ATR72-500	113	-4,69	2,38 °	L	113	knot			SAFE
ATR72-600	113	-4,69	2,38 °	L	113	knot			SAFE
Boeing 737-300	130	-4,69	2,07 °	L	130	knot			SAFE
Boeing 737-400	137	-4,69	1,96 °	L	137	knot			SAFE
Boeing 737-800/NG	140	-4,69	1,92 °	L	140	knot			SAFE
Boeing 737-900ER	145	-4,69	1,85 °	L	145	knot			SAFE
Cessna 208 Caravan	61	-4,69	4,41 °	L	61	knot			SAFE
<div>3 = Crosswind 3 = Wind Speed x cos (β - Runway Direction) 4 = DEGREES(ASIN(3/2)) 5 = IF(3 < 0;"L";"R") 6 = (2) / COS (RADIANS(4))</div> <div></div>									

Runway Direction	280	- 100	Wind Speed			Resultant		<div>Direction</div>  <th>Safety</th>	Safety
Aircraft	Vapp	β	27	knot	Vres		8		9
1	2	3	4	5	6	7			
A320-200	137	15,49	6,49 °	R	138	knot			SAFE
A330-300	130	15,49	6,84 °	R	131	knot			SAFE
ATR42-300	120	15,49	7,41 °	R	121	knot			SAFE
ATR42-500	110	15,49	8,09 °	R	111	knot			SAFE
ATR72-500	113	15,49	7,88 °	R	114	knot			SAFE
ATR72-600	113	15,49	7,88 °	R	114	knot			SAFE
Boeing 737-300	130	15,49	6,84 °	R	131	knot			SAFE
Boeing 737-400	137	15,49	6,49 °	R	138	knot			SAFE
Boeing 737-800/NG	140	15,49	6,35 °	R	141	knot			SAFE
Boeing 737-900ER	145	15,49	6,13 °	R	146	knot			SAFE
Cessna 208 Caravan	61	15,49	14,7 °	R	63	knot			SAFE
<div>3 = Crosswind 3 = Wind Speed x cos (β - Runway Direction) 4 = DEGREES(ASIN(3/2)) 5 = IF(3 < 0;"L";"R") 6 = (2) / COS (RADIANS(4))</div> <div></div>									

Perhitungan Keamanan akibat Crosswind terhadap arah landasan 135-315

Runway Direction	315	- 135	Wind Speed	Resultant	Direction	Safety
Aircraft	Vapp	β	24	knot	Vres	
		0°	α	from		
1	2	3	4	5	6	7
A320-200	137	16,97	7,12°	R	138	knot
A330-300	130	16,97	7,5°	R	131	knot
ATR42-300	120	16,97	8,13°	R	121	knot
ATR42-500	110	16,97	8,87°	R	111	knot
ATR72-500	113	16,97	8,64°	R	114	knot
ATR72-600	113	16,97	8,64°	R	114	knot
Boeing 737-300	130	16,97	7,5°	R	131	knot
Boeing 737-400	137	16,97	7,12°	R	138	knot
Boeing 737-800/NG	140	16,97	6,96°	R	141	knot
Boeing 737-900ER	145	16,97	6,72°	R	146	knot
Cessna 208 Caravan	61	16,97	16,2°	R	64	knot
Runway Direction	135	- 315	Wind Speed	Resultant	Direction	Safety
Aircraft	Vapp	β	22	knot	Vres	
		45°	α	from		
1	2	3	4	5	6	7
A320-200	137	-22	9,24°	L	139	knot
A330-300	130	-22	9,74°	L	132	knot
ATR42-300	120	-22	10,6°	L	122	knot
ATR42-500	110	-22	11,5°	L	112	knot
ATR72-500	113	-22	11,2°	L	115	knot
ATR72-600	113	-22	11,2°	L	115	knot
Boeing 737-300	130	-22	9,74°	L	132	knot
Boeing 737-400	137	-22	9,24°	L	139	knot
Boeing 737-800/NG	140	-22	9,04°	L	142	knot
Boeing 737-900ER	145	-22	8,73°	L	147	knot
Cessna 208 Caravan	61	-22	21,1°	L	65	knot
Runway Direction	135	- 315	Wind Speed	Resultant	Direction	Safety
Aircraft	Vapp	β	18	knot	Vres	
		90°	α	from		
1	2	3	4	5	6	7
A320-200	137	-12,7	5,33°	L	138	knot
A330-300	130	-12,7	5,62°	L	131	knot
ATR42-300	120	-12,7	6,09°	L	121	knot
ATR42-500	110	-12,7	6,64°	L	111	knot
ATR72-500	113	-12,7	6,47°	L	114	knot
ATR72-600	113	-12,7	6,47°	L	114	knot
Boeing 737-300	130	-12,7	5,62°	L	131	knot
Boeing 737-400	137	-12,7	5,33°	L	138	knot
Boeing 737-800/NG	140	-12,7	5,22°	L	141	knot
Boeing 737-900ER	145	-12,7	5,04°	L	146	knot
Cessna 208 Caravan	61	-12,7	12°	L	62	knot

Runway Direction	135	- 315	Wind Speed	Resultant	Direction	Safety
Aircraft	Vapp	β	41	knot	Vres	
		135°	α	from		
1	2	3	4	5	6	7
A320-200	137	0	0°	R	137	knot
A330-300	130	0	0°	R	130	knot
ATR42-300	120	0	0°	R	120	knot
ATR42-500	110	0	0°	R	110	knot
ATR72-500	113	0	0°	R	113	knot
ATR72-600	113	0	0°	R	113	knot
Boeing 737-300	130	0	0°	R	130	knot
Boeing 737-400	137	0	0°	R	137	knot
Boeing 737-800/NG	140	0	0°	R	140	knot
Boeing 737-900ER	145	0	0°	R	145	knot
Cessna 208 Caravan	61	0	0°	R	61	knot
Runway Direction	135	- 315	Wind Speed	Resultant	Direction	Safety
Aircraft	Vapp	β	45	knot	Vres	
		180°	α	from		
1	2	3	4	5	6	7
A320-200	137	31,82	13,4°	R	141	knot
A330-300	130	31,82	14,2°	R	134	knot
ATR42-300	120	31,82	15,4°	R	124	knot
ATR42-500	110	31,82	16,8°	R	115	knot
ATR72-500	113	31,82	16,4°	R	118	knot
ATR72-600	113	31,82	16,4°	R	118	knot
Boeing 737-300	130	31,82	14,2°	R	134	knot
Boeing 737-400	137	31,82	13,4°	R	141	knot
Boeing 737-800/NG	140	31,82	13,1°	R	144	knot
Boeing 737-900ER	145	31,82	12,7°	R	149	knot
Cessna 208 Caravan	61	31,82	31,4°	R	71	knot
Runway Direction	315	- 135	Wind Speed	Resultant	Direction	Safety
Aircraft	Vapp	β	27	knot	Vres	
		225°	α	from		
1	2	3	4	5	6	7
A320-200	137	-27	11,4°	L	140	knot
A330-300	130	-27	12°	L	133	knot
ATR42-300	120	-27	13°	L	123	knot
ATR42-500	110	-27	14,2°	L	113	knot
ATR72-500	113	-27	13,8°	L	116	knot
ATR72-600	113	-27	13,8°	L	116	knot
Boeing 737-300	130	-27	12°	L	133	knot
Boeing 737-400	137	-27	11,4°	L	140	knot
Boeing 737-800/NG	140	-27	11,1°	L	143	knot
Boeing 737-900ER	145	-27	10,7°	L	148	knot
Cessna 208 Caravan	61	-27	26,3°	L	68	knot

Tabel Perhitungan Crosswind

Runway Direction			315	- 135	Wind Speed		Resultant		<div>Direction</div>	<div>Safety</div>
Aircraft	Vapp	β	27	knot	Resultant					
		270 °	α	from	Vres					
1	2	3	4	5	6	7			8	9
A320-200	137	-19,1	8,01 °	L	138	knot				SAFE
A330-300	130	-19,1	8,45 °	L	131	knot				SAFE
ATR42-300	120	-19,1	9,15 °	L	122	knot				SAFE
ATR42-500	110	-19,1	10 °	L	112	knot				SAFE
ATR72-500	113	-19,1	9,73 °	L	115	knot				SAFE
ATR72-600	113	-19,1	9,73 °	L	115	knot				SAFE
Boeing 737-300	130	-19,1	8,45 °	L	131	knot				SAFE
Boeing 737-400	137	-19,1	8,01 °	L	138	knot				SAFE
Boeing 737-800/NG	140	-19,1	7,84 °	L	141	knot				SAFE
Boeing 737-900ER	145	-19,1	7,57 °	L	146	knot				SAFE
Cessna 208 Caravan	61	-19,1	18,2 °	L	64	knot				SAFE
Runway Direction			315	- 135	Wind Speed		Resultant		<div>Direction</div>	<div>Safety</div>
Aircraft	Vapp	β	27	knot	Resultant					
		315 °	α	from	Vres					
1	2	3	4	5	6	7			8	9
A320-200	137	0	0 °	R	137	knot				SAFE
A330-300	130	0	0 °	R	130	knot				SAFE
ATR42-300	120	0	0 °	R	120	knot				SAFE
ATR42-500	110	0	0 °	R	110	knot				SAFE
ATR72-500	113	0	0 °	R	113	knot				SAFE
ATR72-600	113	0	0 °	R	113	knot				SAFE
Boeing 737-300	130	0	0 °	R	130	knot				SAFE
Boeing 737-400	137	0	0 °	R	137	knot				SAFE
Boeing 737-800/NG	140	0	0 °	R	140	knot				SAFE
Boeing 737-900ER	145	0	0 °	R	145	knot				SAFE
Cessna 208 Caravan	61	0	0 °	R	61	knot				SAFE

Perhitungan Geometrik Bandar Udara (TORA, ASDA, TODA, LDA)

Aircraft	Fe	Ft	Fs	Stopway	RESA	Clearway
	1,0046	1,2213	1,0008	60	90	1500
	Take Off Distance	Take Off Run Available	Accelerate/ Stop Distance Available	Take Off Distance Available	Approach Distance	Landing Distance Available
A320-200	2190	2689,1	2749	4189,1	1440	1768,2
A330-300	2300	2824,2	2884	4324,2	1700	2087,4
ATR42-300	1100	1350,7	1411	2850,7	1000	1227,9
ATR42-500	1000	1227,9	1288	2727,9	1000	1227,9
ATR72-500	1223	1501,7	1562	3001,7	1048	1286,8
ATR72-600	1333	1636,8	1697	3136,8	915	1123,5
Boeing 737-300	1600	1964,6	2025	3464,6	1400	1719,1
Boeing 737-400	2000	2455,8	2516	3955,8	1500	1841,8
Boeing 737-800/NG	2300	2824,2	2884	4324,2	1600	1964,6
Boeing 737-900ER	2300	2824,2	2884	4324,2	1700	2087,4
Maximum		2824,2	2884,2	4324,2		2087,4

Koordinat Lokal Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan Landas Pacu 10-28 dan Landas Pacu 14-32

Landas Pacu	DATUM		DATUM	
	Koordinat Lokal Bandar Udara		Koordinat Geografis	
	X	Y	Lintang Selatan	Bujur Timur
100 - 280	20000,000	20000,000	3° 26' 25,0057"	114° 45' 5,6585"
135 - 315	20861,690	22243,880	3° 25' 12,0467"	114° 45' 33,7226"

A. Kawasan Ancangan Pendaratan dan Lepas Landas

No	Titik	Koordinat Landas Pacu 100-280		Koordinat Landas Pacu 135-315	
		X	Y	X	Y
1	A.1.1	19940,000	20150,000	20801,690	22393,880
2	A.1.2	19940,000	19850,000	20801,690	22093,880
3	A.1.3	4940,000	17600,000	5801,690	19843,880
4	A.1.4	4940,000	22400,000	5801,690	24643,880
5	A.2.1	23060,000	20150,000	23921,690	22393,880
6	A.2.2	38060,000	22400,000	38921,690	24643,880
7	A.2.3	38060,000	17600,000	38921,690	19843,880
8	A.2.4	23060,000	19850,000	23921,690	22093,880

B. Kawasan Kemungkinan Bahaya Kecelakaan

No	Titik	Koordinat Landas Pacu 100-280		Koordinat Landas Pacu 135-315	
		X	Y	X	Y
1	A.1.1	19940,000	20150,000	20801,690	22393,880
2	A.1.2	19940,000	19850,000	20801,690	22093,880
3	A.1.5	16940,000	19400,000	17801,690	21643,880
4	A.1.6	16940,000	20600,000	17801,690	22843,880
5	A.2.1	23060,000	20150,000	23921,690	22393,880
6	A.2.5	26060,000	20600,000	26921,690	22843,880
7	A.2.6	26060,000	19400,000	26921,690	21643,880
8	A.2.4	23060,000	19850,000	23921,690	22093,880

C. Kawasan Di Bawah Permukaan Transisi

No	Titik	Koordinat Landas Pacu 100-280		Koordinat Landas Pacu 135-315	
		X	Y	X	Y
1	A.1.1	19940,000	20150,000	20801,690	22393,880
2	B.1.1	17640,000	20495,000	18501,690	22738,880
3	B.1.2	25210,000	20472,000	26071,690	22715,880
4	A.2.1	23060,000	20150,000	23921,690	22393,880
5	A.1.2	19940,000	19850,000	20801,690	22093,880
6	A.2.4	23060,000	19850,000	23921,690	22093,880
7	B.2.2	25.210,000	19527,000	26071,690	21770,880
8	B.2.1	17640,000	19505,000	18501,690	21748,880

D. Kawasan Di Bawah Permukaan Horizontal Dalam

No	Titik	Koordinat Landas Pacu 100-280		Koordinat Landas Pacu 135-315	
		X	Y	X	Y
1	B.1.1	17640,000	20495,000	18501,690	22738,880
2	C.1.1	15984,000	20743,000	16845,690	22986,880
3	C.1.2	19940,000	24000,000	20801,690	26243,880
4	C.1.3	23060,000	24000,000	23921,690	26243,880
5	C.1.4	27016,000	20743,000	27877,690	22986,880
6	B.1.2	25210,000	20473,000	26071,690	22716,880
7	B.2.1	17640,000	19505,000	18501,690	21748,880
8	B.2.2	25210,000	19527,000	26071,690	21770,880
9	C.2.2	27016,000	19257,000	27877,690	21500,880
10	C.2.3	23060,000	16000,000	23921,690	18243,880
11	C.2.4	19940,000	16000,000	20801,690	18243,880
12	C.2.1	15984,000	19257,005	16845,690	21500,885

E. Kawasan Di Bawah Permukaan Kerucut

No	Titik	Koordinat Landas Pacu 100-280		Koordinat Landas Pacu 135-315	
		X	Y	X	Y
1	C.1.1	15984,980	20743,000	16846,670	22986,880
2	D.1.1	14006,200	21040,000	14867,890	23283,880
3	D.1.2	19940,000	26000,000	20801,690	28243,880
4	D.1.3	23060,000	26000,000	23921,690	28243,880
5	D.1.4	28994,000	21040,000	29855,690	23283,880
6	C.1.4	27016,000	20743,000	27877,690	22986,880
7	C.1.3	23060,000	24000,000	23921,690	26243,880
8	C.1.2	19940,000	24000,000	20801,690	26243,880
9	C.2.1	15984,000	19257,000	16845,690	21500,880
10	C.2.4	19940,000	16000,000	20801,690	18243,880
11	C.2.3	23060,000	16000,000	23921,690	18243,880
12	C.2.2	20716,000	19257,000	21577,690	21500,880
13	D.2.2	28994,800	18960,000	29856,490	21203,880
14	D.2.3	23060,000	14000,000	23921,690	16243,880
15	D.2.4	19940,000	14000,000	20801,690	16243,880
16	D.2.1	14006,000	18960,000	14867,690	21203,880

F. Kawasan Di Bawah Permukaan Horizontal Luar

No	Titik	Koordinat Landas Pacu 100-280		Koordinat Landas Pacu 135-315	
		X	Y	X	Y
1	D.1.1	14006,000	21040,000	14867,690	23283,880
2	D.1.2	19940,000	26000,000	20801,690	28243,880
3	D.1.3	23060,000	26000,000	23921,690	28243,880
4	D.1.4	28994,000	21040,000	29855,690	23283,880
5	E.1.4	37894,000	22375,000	38755,690	24618,880
6	E.1.3	23060,000	35000,000	23921,690	37243,880
7	E.1.2	19940,000	35000,000	20801,690	37243,880
8	E.1.1	5106,000	22375,000	5967,690	24618,880
9	D.2.1	14006,000	18960,000	14867,690	21203,880
10	D.2.4	19940,000	14000,000	20801,690	16243,880
11	D.2.3	23060,000	14000,000	23921,690	16243,880
12	D.2.2	28994,000	18960,000	29855,690	21203,880
13	E.2.2	37894,000	17625,000	38755,690	19868,880
14	E.2.3	23060,000	5000,000	23921,690	7243,880
15	E.2.4	19940,000	5000,000	20801,690	7243,880
16	E.2.1	5106,000	17625,000	5967,690	19868,880

Perhitungan Kebutuhan Gate Pesawat Cessna 208 Grand Caravan pada sisi barat Landas Parkir Timur

Kode ICAO	Annual		Perhit. Peak Hour			
			Am	Adm	Vdm	Vh
C208	2011	1.638	138	4	6	1
	2012	2.815	237	8	10	1
	2013	1.762	148	5	6	1
	2014	694	58	2	2	0
	2015	388	33	1	1	0

Kode Pesawat	Kode ICAO	Gol. Pesawat	Panjang	Lebar Sayap	Jarak Roda
C5	C208	C	12,67	15,88	4,05
	Radius	Jarak Bebas	Lebar	Dimensi Apron	
	10,3	8	49	Panjang	Lebar
Jumlah Gate Rencana			4	114,2	69,7

$$R = (\text{wing span} / 2) + (\text{wheel base} / \text{tg } 60^\circ)$$

C = jarak pesawat ke pesawat dan pesawat ke gedung terminal (25 – 35 ft)

W = lebar taxi lane (160 ft utk pesawat kecil dan 290 ft utk pesawat berbadan lebar)

R = Radius

$$C = \text{Clearence} \quad 160 \text{ ft} = 48,77 \text{ m}$$

$$290 \text{ ft} = 88,39 \text{ m}$$

W = Width

Tebal Perkerasan Baru Landas Parkir Timur

RW10-28 ApronRev Des. Life = 20		
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
PCC Surface	363.2	4.83
P-304 CTB	200.0	3.447.38
Subgrade	k = 80.0	265.59
N = 1; PCC CDF = 1.00; t = 563.2 mm		

Penambahan Tebal Lapis Perkerasan Landas Pacu

RW10-28 RW1Aoverl~01 Des. Life = 20		
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/ P-403 HMA Overlay	140.0	1.378.95
P-401/ P-403 HMA Surface	196.0	1.378.95
P-209 Cr Ag	350.0	423.19
P-154 UnCr Ag	210.0	185.74
Subgrade	CBR = 10.0	103.42
Total thickness to the top of the subgrade, t = 896.0 mm		

Penambahan Tebal Lapis Perkerasan Landas Pacu

RW10-28 RW1Boverl~01 Des. Life = 20 SCI = 67 %CDFU = 100		
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Overlay	140,0	1.378,95
PCC Surface	360,0	4,83
P-209 Cr Ag	330,0	530,90
Subgrade	k = 80,0	265,59
Total thickness to the top of the subgrade, t = 830,0 mm		

Penambahan Tebal Lapis Perkerasan Landas Hubung A dan B

RW10-28 TWY_AB Des. Life = 20		
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Overlay	121,1	1.378,95
P-401/P-403 HMA Surface	130,0	1.378,95
P-209 Cr Ag	200,0	398,26
P-154 UnCr Ag	250,0	172,40
Subgrade	CBR = 10,0	103,42
Total thickness to the top of the subgrade, t = 701,1 mm		

Tebal Perkerasan Baru Landas Pacu

RW10-28 RWrencana Des. Life = 20		
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Surface	130,0	1.378,95
P-401/P-403 St (flex)	150,0	2.757,90
P-304 CTB	101,6	3.447,38
P-154 UnCr Ag	101,6	144,85
Subgrade	CBR = 10,0	103,42
Total thickness to the top of the subgrade, t = 483,2 mm		

Tebal Perkerasan Baru Landas Hubung

RW10-28 TWYrencana Des. Life = 20		
Layer Material	Thickness (mm)	Modulus or R (MPa)
P-401/P-403 HMA Surface	130,0	1.378,95
P-401/P-403 St (flex)	130,0	2.757,90
P-304 CTB	101,6	3.447,38
P-208 Cr Ag	166,9	251,43
Subgrade	CBR = 10,0	103,42
Total thickness to the top of the subgrade, t = 528,5 mm		

Hasil Analisis Rigid Eksisting dengan Program Bantu COMFAA

This file name = PCN Results Rigid 26-06-2016 05:13;37.txt

Library file name = C:\Program Files (x86)\COMFAA 30\BDJ16.Ext

Units = Metric

Evaluation pavement type is rigid

Equivalent coverages computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.

Maximum gross weight computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.

k Value = 89.0 MN/m³ (Subgrade Category is B(80))
 flexural strength = 4,482 kPa
 Evaluation pavement thickness = 340.0 mm
 Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00

Maximum number of wheels per gear = 4
 Maximum number of gears per aircraft = 2

Results Table 1. Input Traffic Data

No. Aircraft Name	Gross Weight	Percent Gross Wt	Tire Press	Annual Deps	20-yr 6D Coverages	Thick
1 D-50	22.999	95.00	552	1,228	6,645	168.8
2 D-50	22.680	95.00	552	1,228	6,599	167.5
3 Dual Wheel 40	18.300	95.00	621	338	1,577	153.8
4 Dual Wheel 30	16.899	95.00	586	581	2,680	148.3
5 B737-900 ER	85.366	94.58	1,517	6,109	34,595	406.5
6 B737-800	79.243	93.56	1,413	3,238	18,204	370.1
7 B737-400	68.266	93.82	1,276	379	2,149	306.8
8 B737-300	63.503	90.86	1,386	1,404	7,255	310.5
9 A330-200 opt	233.900	94.76	1,420	27	289	303.6
10 A320 Twin opt	78.400	92.80	1,440	137	739	314.5

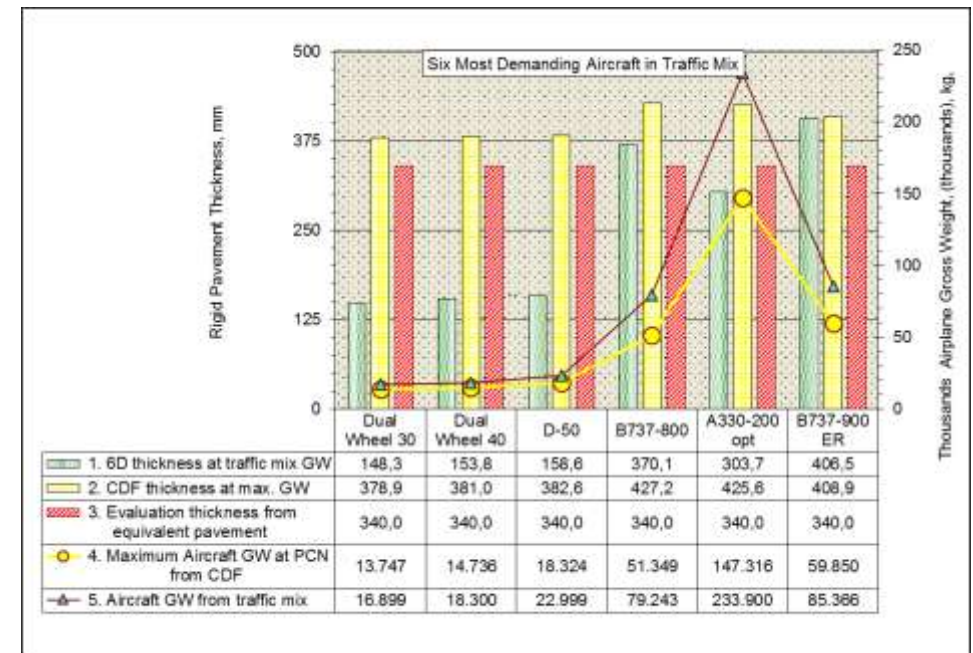
Results Table 2. PCN Values

No. Aircraft Name	Critical Aircraft Total	Thickness for Total Equiv. Cvs.	Maximum Allowable Equiv. Cvs.	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	PCN on Gross Weight	PCN on CDF
1 D-50	>5,000,000	382.6	18.324	144.75	0.0000	9.3
2 D-50	>5,000,000	382.3	18.099	143.75	0.0000	9.2
3 Dual Wheel 40	>5,000,000	381.0	14.736	139.28	0.0000	8.6
4 Dual Wheel 30	>5,000,000	378.9	13.747	133.13	0.0000	7.8
5 B737-900 ER	38,266	408.9	59.850	279.49	40.1804	38.3
6 B737-800	216,432	427.2	51.349	253.50	3.7382	31.0
7 B737-400	716,779	421.0	45.220	239.17	0.1332	27.4

8 B737-300	1,359,676	417.9	42.910	230.61	0.2371	25.3
9 A330-200 opt	306,667	425.5	147.316	267.22	0.0418	34.7
10 A320 Twin opt	289,159	425.9	50.883	248.24	0.1135	29.6
Total CDF = 44.4444						

Results Table 3. Rigid ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No. Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Main Gear	Tire Pressure	ACN Thick	ACN on B(80)
1 D-50	22.999	95.00	552	164.5	12.3
2 D-50	22.680	95.00	552	163.2	12.1
3 Dual Wheel 40	18.300	95.00	621	157.3	11.1
4 Dual Wheel 30	16.899	95.00	586	149.5	10.0
5 B737-900 ER	85.366	94.58	1,517	339.4	58.2
6 B737-800	79.243	93.56	1,413	321.4	51.7
7 B737-400	68.266	93.82	1,276	299.8	44.5
8 B737-300	63.503	90.86	1,386	285.7	40.1
9 A330-200 opt	233.900	94.76	1,420	349.9	62.2
10 A320 Twin opt	78.400	92.80	1,440	314.2	49.3



Hasil Analisis Perkerasan Rigid Baru dengan Program Bantu COMFAA

This file name = PCN Results Rigid 26-06-2016 05:38;31.txt

Library file name = C:\Program Files (x86)\COMFAA 30\BDJ16.Ext

Units = Metric

Evaluation pavement type is rigid

Equivalent coverages computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.

Maximum gross weight computed with the AC 150/5320-6C/D edge stress design method.

k Value = 121.6 MN/m³ (Subgrade Category is A(150))

flexural strength = 4,482 kPa

Evaluation pavement thickness = 400.0 mm

Pass to Traffic Cycle (PtoTC) Ratio = 1.00

Maximum number of wheels per gear = 4

Maximum number of gears per aircraft = 2

Results Table 1. Input Traffic Data

No. Aircraft Name	Gross Weight	Percent Weight	Tire Gross Wt	Annual Press	20-yr Deps	6D Coverages	Thick
1 D-50	22.999	95.00	552	1,228	6,645	160.0	
2 D-50	22.680	95.00	552	1,228	6,599	158.8	
3 Dual Wheel 40	18.300	95.00	621	338	1,577	146.5	
4 Dual Wheel 30	16.899	95.00	586	581	2,680	141.1	
5 B737-900 ER	85.366	94.58	1,517	6,109	34,595	391.3	
6 B737-800	79.243	93.56	1,413	3,238	18,204	354.8	
7 B737-400	68.266	93.82	1,276	379	2,149	295.2	
8 B737-300	63.503	90.86	1,386	1,404	7,255	298.3	
9 A330-200 opt	233.900	94.76	1,420	27	289	287.7	
10 A320 Twin opt	78.400	92.80	1,440	137	739	301.7	

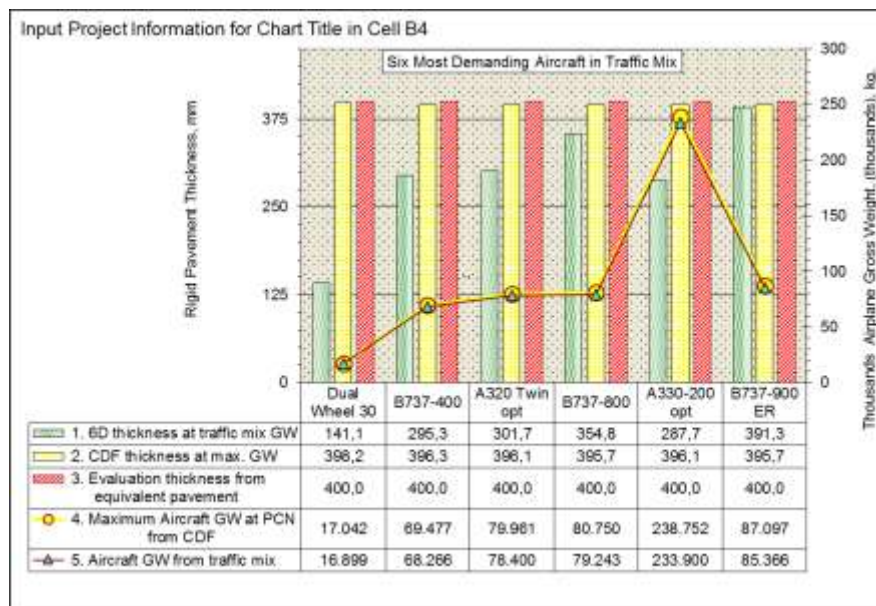
Results Table 2. PCN Values

No. Aircraft Name	Critical Aircraft Total	Thickness for Total Equiv. Covs.	Maximum Allowable Equiv. Covs.	ACN Thick at Max. Allowable Gross Weight	PCN on Gross Weight	CDF
1 D-50	>5,000,000	398.1	23.213	151.57	0.0000	11.3
2 D-50	>5,000,000	398.1	22.890	150.36	0.0000	11.1
3 Dual Wheel 40	>5,000,000	398.1	18.466	146.72	0.0000	10.5
4 Dual Wheel 30	>5,000,000	398.2	17.042	139.15	0.0000	9.4
5 B737-900 ER	41,801	395.7	87.097	319.77	0.6900	57.0
6 B737-800	117,449	396.0	80.750	302.05	0.1292	50.3

7 B737-400	466,711	396.3	69.477	281.56	0.0038	43.2
8 B737-300	1,048,368	396.4	64.576	268.56	0.0058	38.9
9 A330-200 opt	220,298	396.1	238.752	315.75	0.0011	55.4
10 A320 Twin opt	162,345	396.1	79.961	295.09	0.0038	47.8
Total CDF = 0.8337						

Results Table 3. Rigid ACN at Indicated Gross Weight and Strength

No. Aircraft Name	Gross Weight	% GW on Tire	ACN	ACN on A(150)
1 D-50	22.999	95.00	552	11.2
2 D-50	22.680	95.00	552	11.0
3 Dual Wheel 40	18.300	95.00	621	10.4
4 Dual Wheel 30	16.899	95.00	586	9.3
5 B737-900 ER	85.366	94.58	1,517	55.6
6 B737-800	79.243	93.56	1,413	49.2
7 B737-400	68.266	93.82	1,276	42.3
8 B737-300	63.503	90.86	1,386	38.2
9 A330-200 opt	233.900	94.76	1,420	54.1
10 A320 Twin opt	78.400	92.80	1,440	46.7



FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section ApronEksisti in Job RW10-28.
Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is New Rigid.
Design Life = 20 years.
A design for this section was completed on 06/24/16 at 01:30:34.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa
1	PCC Surface	391.5	27,579.03	0.15	4.83
2	P-209 Cr Ag	120.0	424.99	0.35	0.00
3	Subgrade	0.0	265.59	0.40	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 511.5 mm

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	78.400	137	3.50
2	A330-200 opt	233.900	27	-2.80
3	B737-300	63.503	1,404	-1.10
4	B737-400	68.266	379	4.90
5	B737-800	79.243	3,238	-7.00
6	B737-900 ER	85.366	6,109	-2.80
7	Dual Whl-30	16.899	581	1.30
8	Dual Whl-45	18.300	338	-0.10
9	Dual Whl-50	22.500	1,228	-10.00
10	Dual Whl-50	22.999	234	-1.90

Additional Airplane Information

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0.00	0.00	0.00
2	A330-200 opt	0.00	0.00	0.00
3	B737-300	0.00	0.00	0.00
4	B737-400	0.00	0.00	0.00
5	B737-800	0.00	0.00	0.00
6	B737-900 ER	0.00	0.00	0.00
7	Dual Whl-30	0.00	0.00	0.00
8	Dual Whl-45	0.00	0.00	0.00
9	Dual Whl-50	0.00	0.00	0.00
10	Dual Whl-50	0.00	0.00	0.00

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section ApronRev in Job RW10-28.
Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is New Rigid.
Design Life = 20 years.
A design for this section was completed on 06/26/16 at 05:36:44.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa
1	PCC Surface	363.2	27,579.03	0.15	4.83
2	P-304 CTB	200.0	3,447.38	0.20	0.00
3	Subgrade	0.0	265.59	0.40	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 563.2 mm

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	78.400	137	3.50
2	A330-200 opt	233.900	27	-2.80
3	B737-300	63.503	1,404	-1.10
4	B737-400	68.266	379	4.90
5	B737-800	79.243	3,238	-7.00
6	B737-900 ER	85.366	6,109	-2.80
7	Dual Whl-30	16.899	581	1.30
8	Dual Whl-45	18.300	338	-0.10
9	Dual Whl-50	22.500	1,228	-10.00
10	Dual Whl-50	22.999	234	-1.90

Additional Airplane Information

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0.00	0.01	3.67
2	A330-200 opt	0.00	0.00	1.87
3	B737-300	0.00	0.00	3.79
4	B737-400	0.00	0.00	3.51
5	B737-800	0.07	0.07	3.52
6	B737-900 ER	0.92	0.92	3.53
7	Dual Whl-30	0.00	0.00	6.42
8	Dual Whl-45	0.00	0.00	5.30
9	Dual Whl-50	0.00	0.00	3.73
10	Dual Whl-50	0.00	0.00	3.73

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section RW1Aoverl-01 in Job RW10-28.

Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is AC Overlay on Flexible.

Design Life = 20 years.

A design has not been completed for this section.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa
1	P-401/ P-403 HMA Overlay	140.0	1,378.95	0.35	0.00
2	P-401/ P-403 HMA Surface	196.0	1,378.95	0.35	0.00
3	P-209 Cr Ag	350.0	423.19	0.35	0.00
4	P-154 UnCr Ag	210.0	185.74	0.35	0.00
5	Subgrade	0.0	103.42	0.35	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 896.0 mm

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	78.400	137	3.50
2	A330-200 opt	233.900	27	-2.80
3	B737-300	63.503	1,404	-1.10
4	B737-400	68.266	379	4.90
5	B737-800	79.243	3,238	-7.00
6	B737-900 ER	85.366	6,109	-2.80
7	Dual Whl-30	16.899	581	1.30
8	Dual Whl-45	18.300	338	-0.10
9	Dual Whl-50	22.500	1,228	-10.00
10	Dual Whl-50	22.999	234	-1.90

Additional Airplane Information

Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0.00	0.00	0.00
2	A330-200 opt	0.00	0.00	0.00
3	B737-300	0.00	0.00	0.00
4	B737-400	0.00	0.00	0.00
5	B737-800	0.00	0.00	0.00
6	B737-900 ER	0.00	0.00	0.00
7	Dual Whl-30	0.00	0.00	0.00
8	Dual Whl-45	0.00	0.00	0.00
9	Dual Whl-50	0.00	0.00	0.00

10	Dual Whl-50	0.00	0.00	0.00
----	-------------	------	------	------

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section RW1Boverl-01 in Job RW10-28.

Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is AC Overlay on Rigid.

SCI of the existing pavement = 67.

Design Life = 20 years.

A design has not been completed for this section.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa
1	P-401/ P-403 HMA Overlay	140.0	1,378.95	0.35	0.00
2	PCC Surface	360.0	27,579.03	0.15	4.83
3	P-209 Cr Ag	330.0	530.90	0.35	0.00
4	Subgrade	0.0	265.59	0.40	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 830.0 mm

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	78.400	137	3.50
2	A330-200 opt	233.900	27	-2.80
3	B737-300	63.503	1,404	-1.10
4	B737-400	68.266	379	4.90
5	B737-800	79.243	3,238	-7.00
6	B737-900 ER	85.366	6,109	-2.80
7	Dual Whl-30	16.899	581	1.30
8	Dual Whl-45	18.300	338	-0.10
9	Dual Whl-50	22.500	1,228	-10.00
10	Dual Whl-50	22.999	234	-1.90

Additional Airplane Information

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0.00	0.00	0.00
2	A330-200 opt	0.00	0.00	0.00
3	B737-300	0.00	0.00	0.00
4	B737-400	0.00	0.00	0.00
5	B737-800	0.00	0.00	0.00
6	B737-900 ER	0.00	0.00	0.00
7	Dual Whl-30	0.00	0.00	0.00
8	Dual Whl-45	0.00	0.00	0.00
9	Dual Whl-50	0.00	0.00	0.00

10	Dual Whl-50	0.00	0.00	0.00
----	-------------	------	------	------

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section RWrencana in Job RW10-28.

Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is New Flexible.

Design Life = 20 years.

A design has not been completed for this section.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa
1	P-401/ P-403 HMA Surface	130.0	1,378.95	0.35	0.00
2	P-401/ P-403 St (flex)	150.0	2,757.90	0.35	0.00
3	P-304 CTB	101.6	3,447.38	0.20	0.00
4	P-154 UnCr Ag	101.6	144.85	0.35	0.00
5	Subgrade	0.0	103.42	0.35	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 483.2 mm

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	78.400	137	3.50
2	A330-200 opt	233.900	27	-2.80
3	B737-300	63.503	1,404	-1.10
4	B737-400	68.266	379	4.90
5	B737-800	79.243	3,238	-7.00
6	B737-900 ER	85.366	6,109	-2.80
7	Dual Whl-30	16.899	581	1.30
8	Dual Whl-45	18.300	338	-0.10
9	Dual Whl-50	22.500	1,228	-10.00
10	Dual Whl-50	22.999	234	-1.90

Additional Airplane Information

Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0.00	0.01	1.49
2	A330-200 opt	0.00	0.04	0.84
3	B737-300	0.01	0.01	1.46
4	B737-400	0.01	0.01	1.45
5	B737-800	0.06	0.06	1.45
6	B737-900 ER	0.69	0.69	1.45
7	Dual Whl-30	0.00	0.00	2.21
8	Dual Whl-45	0.00	0.00	2.00
9	Dual Whl-50	0.00	0.00	1.71

10	Dual Whl-50	0.00	0.00	1.71
----	-------------	------	------	------

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section TWY_AB in Job RW10-28.

Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is AC Overlay on Flexible. Asphalt CDF was not computed.

Design Life = 20 years.

A design for this section was completed on 06/03/16 at 14:04:33.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa
1	P-401/ P-403 HMA Overlay	121.1	1,378.95	0.35	0.00
2	P-401/ P-403 HMA Surface	130.0	1,378.95	0.35	0.00
3	P-209 Cr Ag	200.0	398.26	0.35	0.00
4	P-154 UnCr Ag	250.0	172.40	0.35	0.00
5	Subgrade	0.0	103.42	0.35	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 701.1 mm

Airplane Information

No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	78.400	137	3.50
2	A330-200 opt	233.900	27	-2.80
3	B737-300	63.503	1,404	-1.10
4	B737-400	68.266	379	4.90
5	B737-800	79.243	3,238	-7.00
6	B737-900 ER	85.366	6,109	-2.80
7	Dual Whl-30	16.899	581	1.30
8	Dual Whl-45	18.300	338	-0.10
9	Dual Whl-50	22.500	1,228	-10.00
10	Dual Whl-50	22.999	234	-1.90

Additional Airplane Information

Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0.00	0.00	0.00
2	A330-200 opt	0.00	0.00	0.00
3	B737-300	0.00	0.00	0.00
4	B737-400	0.00	0.00	0.00
5	B737-800	0.00	0.00	0.00
6	B737-900 ER	0.00	0.00	0.00
7	Dual Whl-30	0.00	0.00	0.00
8	Dual Whl-45	0.00	0.00	0.00
9	Dual Whl-50	0.00	0.00	0.00

10	Dual Whl-50	0.00	0.00	0.00
----	-------------	------	------	------

FAARFIELD - Airport Pavement Design (V 1.305, 9/28/10 64-bit)

Section TWYrencana in Job RW10-28.

Working directory is C:\Program Files (x86)\FAA\FAARFIELD\

The structure is New Flexible. Asphalt CDF was not computed.

Design Life = 20 years.

A design for this section was completed on 06/26/16 at 04:25:58.

Pavement Structure Information by Layer, Top First

No.	Type	Thickness mm	Modulus MPa	Poisson's Ratio	Strength R,MPa
1	P-401/ P-403 HMA Surface	130.0	1,378.95	0.35	0.00
2	P-401/ P-403 St (flex)	130.0	2,757.90	0.35	0.00
3	P-304 CTB	101.6	3,447.38	0.20	0.00
4	P-208 Cr Ag	166.9	251.43	0.35	0.00
5	Subgrade	0.0	103.42	0.35	0.00

Total thickness to the top of the subgrade = 528.5 mm

Airplane Information

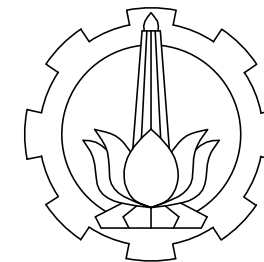
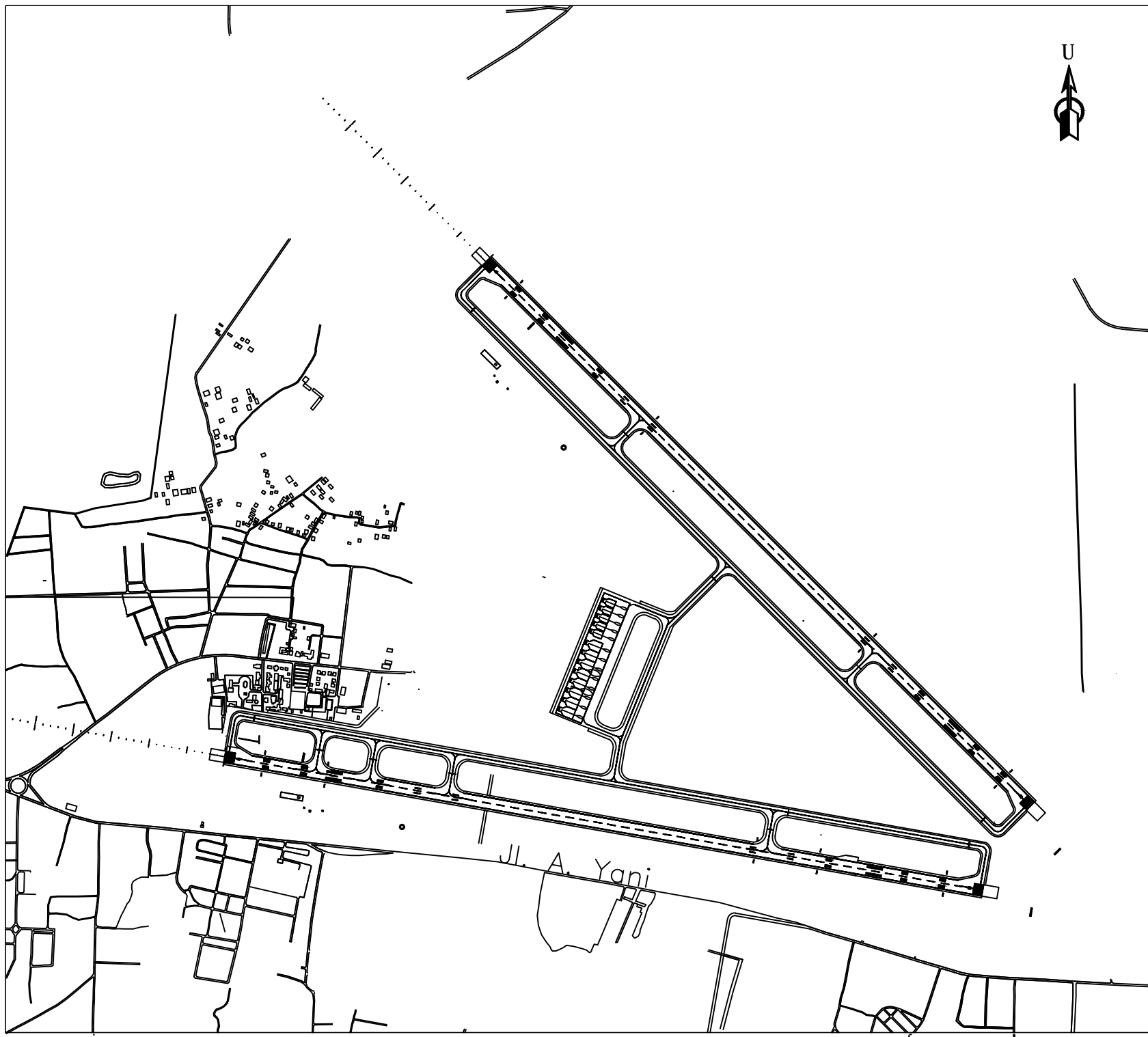
No.	Name	Gross Wt. tonnes	Annual Departures	% Annual Growth
1	A320-200 Twin opt	78.400	137	3.50
2	A330-200 opt	233.900	27	-2.80
3	B737-300	63.503	1,404	-1.10
4	B737-400	68.266	379	4.90
5	B737-800	79.243	3,238	-7.00
6	B737-900 ER	85.366	6,109	-2.80
7	Dual Whl-30	16.899	581	1.30
8	Dual Whl-45	18.300	338	-0.10
9	Dual Whl-50	22.500	1,228	-10.00
10	Dual Whl-50	22.999	234	-1.90

Additional Airplane Information

Subgrade CDF

No.	Name	CDF Contribution	CDF Max for Airplane	P/C Ratio
1	A320-200 Twin opt	0.01	0.01	1.41
2	A330-200 opt	0.00	0.04	0.80
3	B737-300	0.01	0.01	1.43
4	B737-400	0.01	0.01	1.42
5	B737-800	0.08	0.08	1.38
6	B737-900 ER	0.89	0.89	1.38
7	Dual Whl-30	0.00	0.00	2.12
8	Dual Whl-45	0.00	0.00	1.93
9	Dual Whl-50	0.00	0.00	1.66

10	Dual Whl-50	0.00	0.00	1.66
----	-------------	------	------	------



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN
PERGERAKAN PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

LAYOUT FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN

SKALA

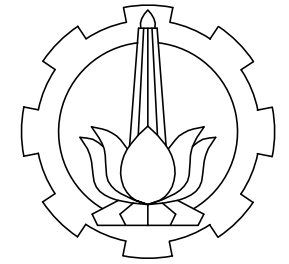
1 : 20.000

NO. GBR

JML. GBR

1

13



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

KAWASAN KESELAMATAN
OPERASI PENERBANGAN
RUNWAY 10-28

SKALA

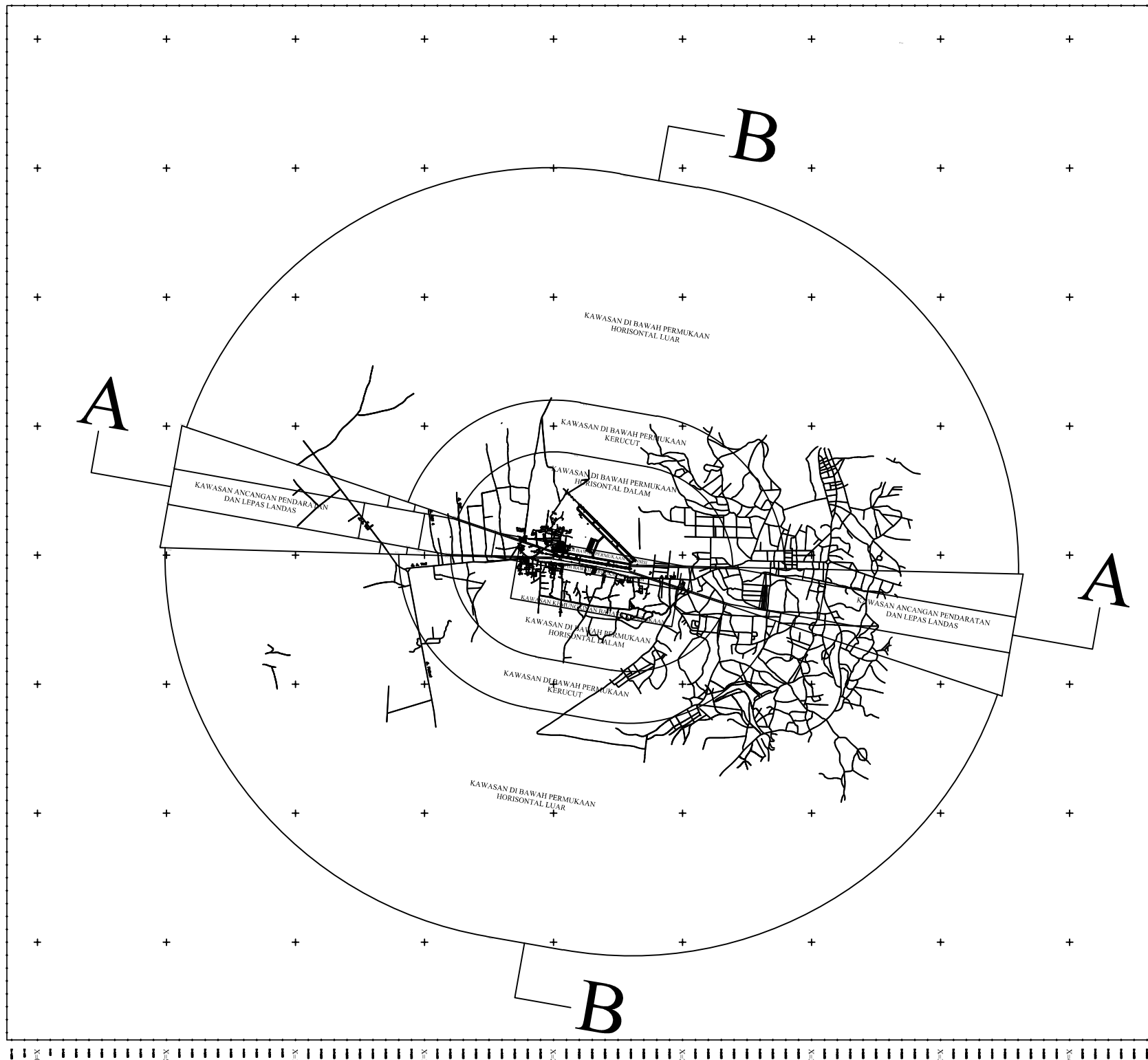
1 : 200.000

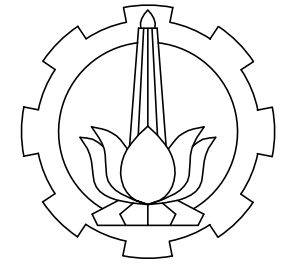
NO. GBR

2

JML. GBR

13





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

KAWASAN KESELAMATAN
OPERASI PENERBANGAN
RUNWAY 14-32

SKALA

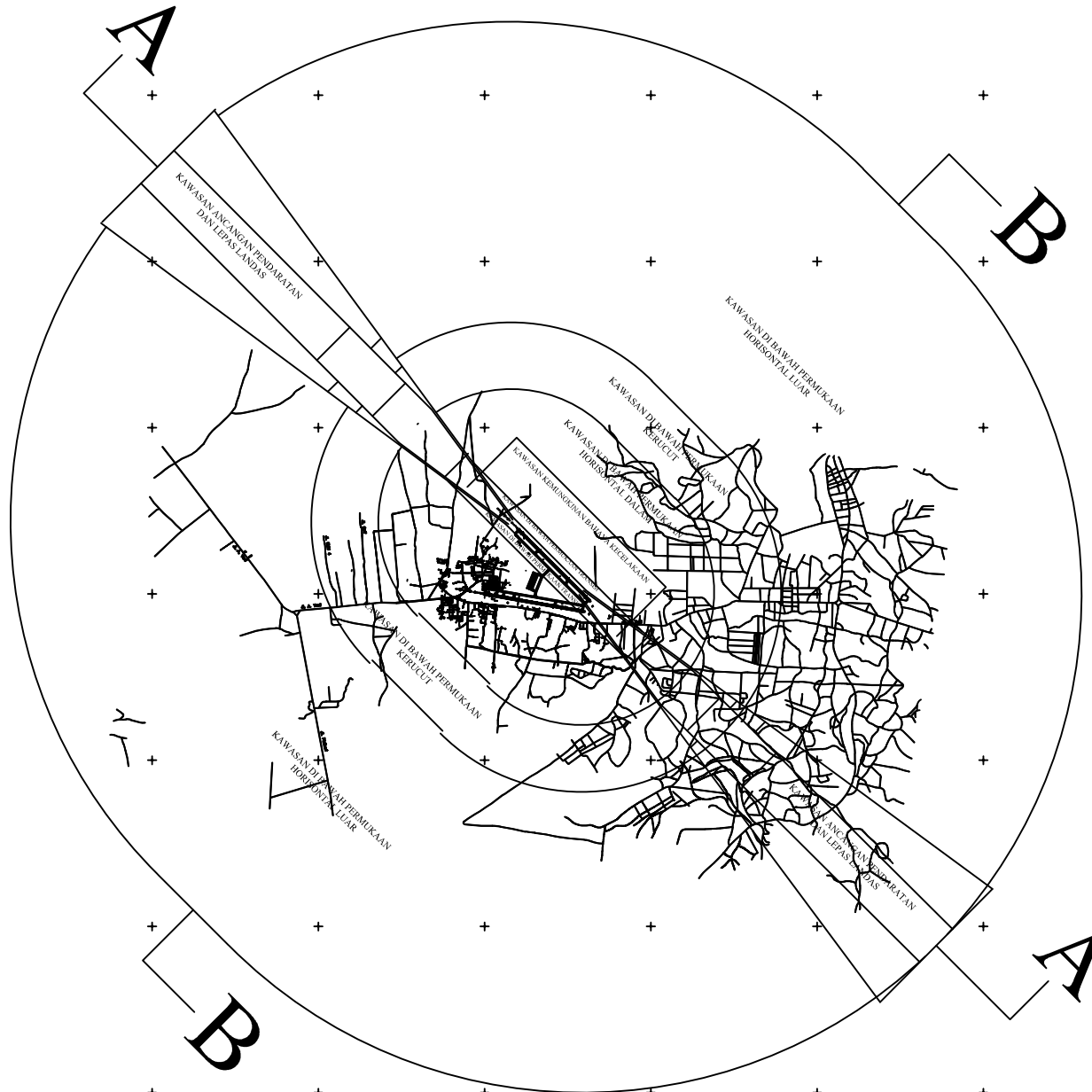
1 : 200.000

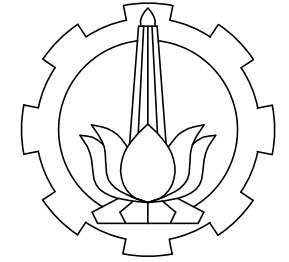
NO. GBR

JML. GBR

3

13





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

KAWASAN KESELAMATAN
OPERASI PENERBANGAN
BANDAR UDARA SYAMSUDIN
NOOR BANJARMASIN

SKALA

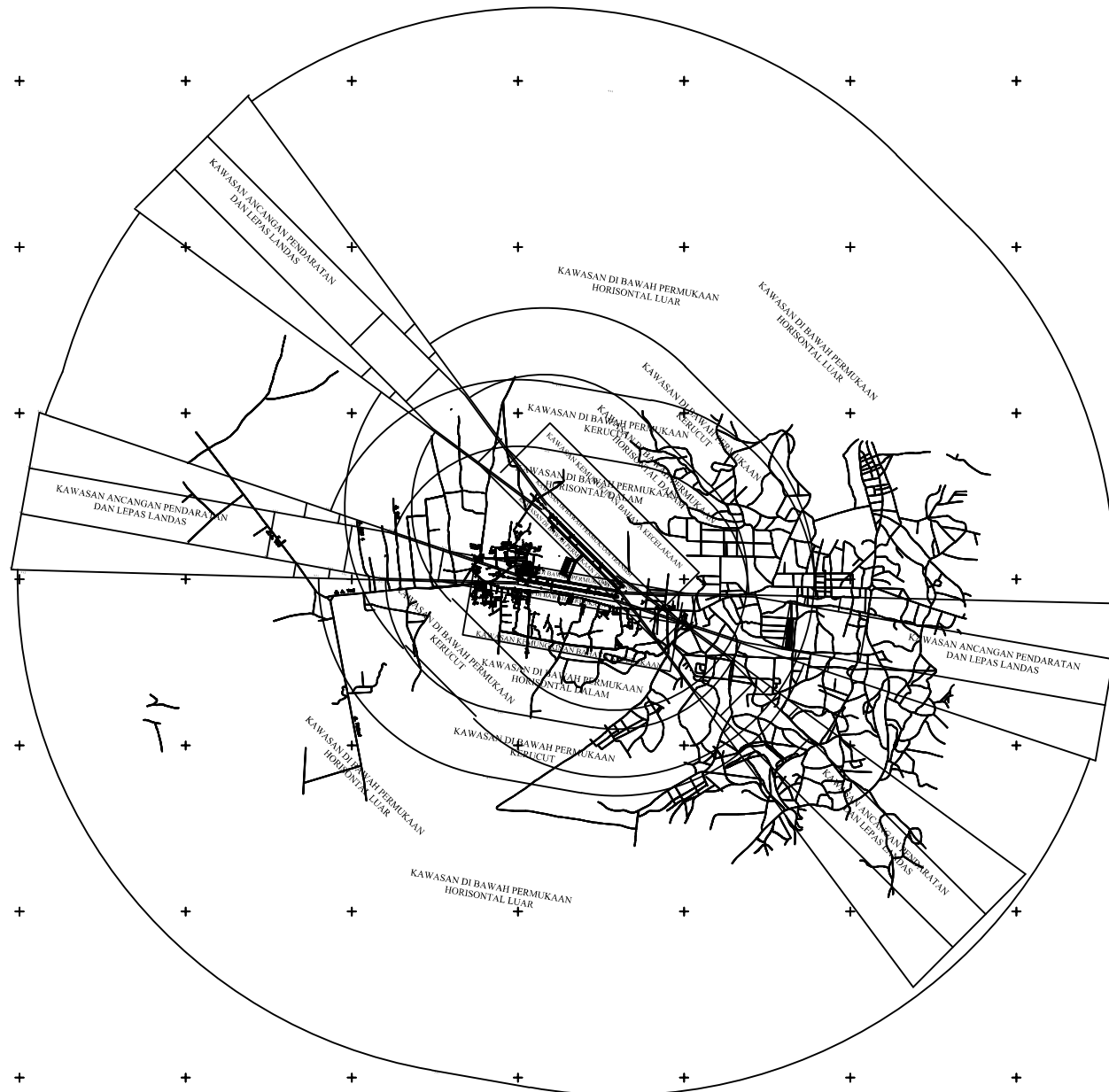
1 : 200.000

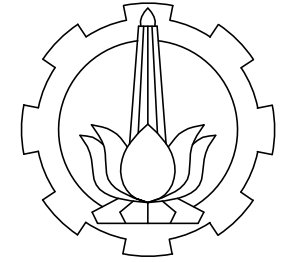
NO. GBR

JML. GBR

4

13





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
&
MELINTANG KAWASAN
KESELAMATAN OPERASI
PENERBANGAN
RUNWAY 100 - 280

SKALA

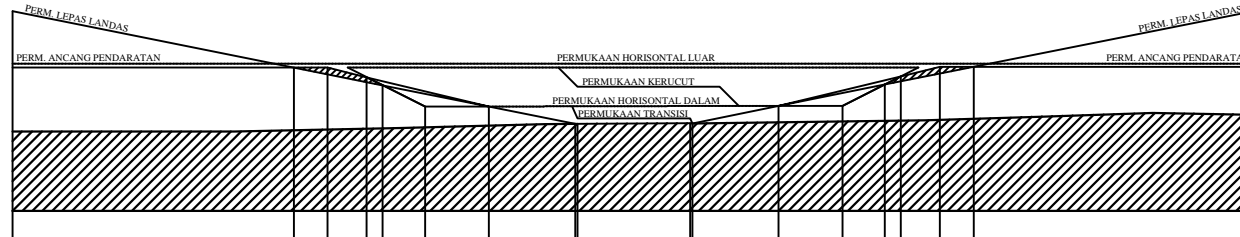
HORIZONTAL 1 : 50.000
VERTIKAL 1 : 5.000

NO. GBR

JML. GBR

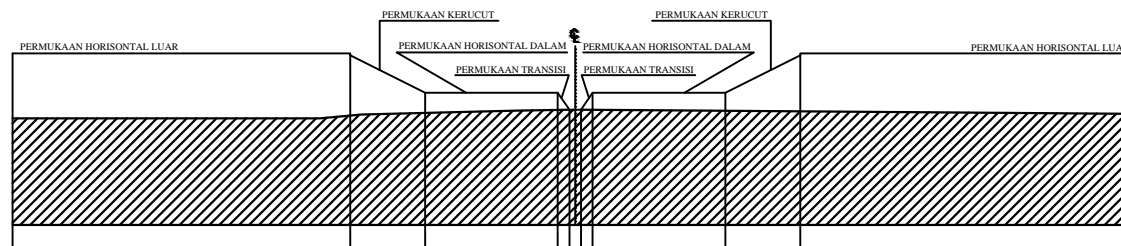
5

13



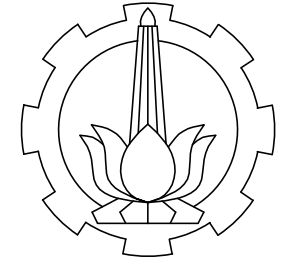
TITIK	A1D'	A1D	A1C'''	A1C'	A1C	A1B	A1A	A2A	A2B	A2C	A2C'''	A2C'	A2C'''	A2D	A2D'
JARAK (m)	7500	900	1040	426	1134	1700	2300	3000	2300	1700	1134	426	1040	900	7500
JUMLAH JARAK (m)	15000	7500	5560	6800	5134	4000	2300	0	0	2300	4000	5134	6800	5560	7500
KETINGGIAN AES (m)	150	150	150	124	102.64	46	46	0	1	46	46	124	102.64	150	150
KETINGGIAN MSL (m)	171	171	171	145	124	67	67	21	22	68	68	146	125	172	172
KEMIRINGAN (%)	0	0	2.5	5	5	0	2	0.8	2	0	5	5	2.5	0	0

POT. MEMANJANG A-A



TITIK	D1'	D1	C1	B1	A2	B2	C2	D2	D2'
JARAK (m)	9000	2000	3535	115	300	315	3535	2000	9000
JUMLAH JARAK (m)	15000	6000	4000	465	150	150	4000	6000	15000
KETINGGIAN AES (m)	150	150	46	46	1	46	46	150	150
KETINGGIAN MSL (m)	173	173	69	69	23	23	69	173	173
KEMIRINGAN (%)	0	5	0	14.3	14.3	14.3	0	5	0

POT. MELINTANG B-B



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
&
MELINTANG KAWASAN
KESELAMATAN OPERASI
PENERBANGAN
RUNWAY 135-315

SKALA

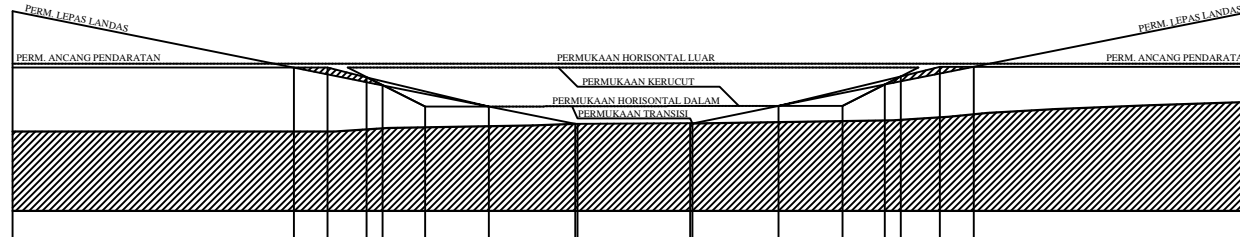
HORIZONTAL 1 : 50.000
VERTIKAL 1 : 5.000

NO. GBR

JML. GBR

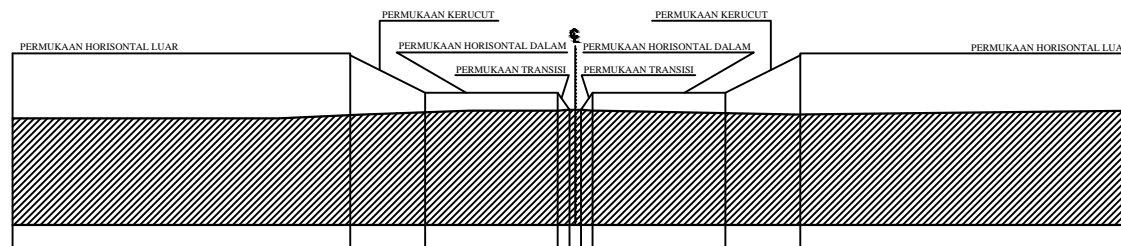
6

13



TITIK	A1D'	A1D	A1C'''	A1C''	A1C'	A1C	A1B	A1A	A2A	A2B	A2C	A2C''	A2C'	A2C'''	A2D	A2D'
JARAK (m)	7500	900	1040	426	1134	1700	2300	3000	2300	1700	1134	426	1040	900	7500	
JUMLAH JARAK (m)	15000	7500	5560	6800	5134	4000	2300	0	0	2300	4000	5134	6800	5560	7500	15000
KETINGGIAN AES (m)	150	150	150	124	102.64	46	46	0	1	46	46	124	102.64	150	150	
KETINGGIAN MSL (m)	171	171	171	145	124	67	67	21	22	68	68	146	125	172	172	172
KEMIRINGAN (%)	0	0	2.5	5	5	0	2	0.8	2	0	5	5	2.5	0	0	

POT. MEMANJANG A'-A'



TITIK	D1'	D1	C1	B1	A1	B2	C2	D2	D2'
JARAK (m)	9000	2000	3535	115	310	310	3535	2000	9000
JUMLAH JARAK (m)	15000	6000	4000	465	150	150	4000	6000	15000
KETINGGIAN AES (m)	150	150	46	46	1	46	46	150	150
KETINGGIAN MSL (m)	173	173	69	69	23	23	69	173	173
KEMIRINGAN (%)	0	5	0	14.3	14.3	14.3	0	5	0

POT. MELINTANG B'-B'

POTONGAN MEMANJANG
RUNWAY 10-28

STA	0+000	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000	1+200	1+400	1+600	1+800
ELV. MTA (m)	19.812	19.812	19.970	19.970	19.811	20.128	20.128	20.289	20.289	20.126
Jarak Antar STA (m)		200	200	200	200	200	200	200	200	
Kemiringan (%)		0	0,8	0	-0,8	1,6	0	0,8	0	-0,8
Tebal Perkerasan (mm)		896	896	896	896	896	896	896	896	

STA	1+800	2+000	2+200	2+400	2+600		2+800	3+000
ELV. MTA (m)	20.126	20.126	20.126	20.126	19.965		19.965	19.965
Jarak Antar STA (m)		200	200	200	200		200	
Kemiringan (%)		0	0	0	-0,8		0	0
Tebal Perkerasan (mm)		896	896	830	830	740	740	740

Keterangan Tebal Perkerasan

Jenis Perkerasan	F	R - F	F
Tebal Total (mm)	896	830	740
Overlay (mm)	140	140	-
Surface (mm)	196	360	130
Base (mm)	350	-	370
Sub base (mm)	210	330	240

POTONGAN MEMANJANG
RUNWAY 14-32

STA	0+000	0+200	0+400	0+600	0+800	1+000	1+200	1+400	1+600	1+800
ELV. MTA (m)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Jarak Antar STA (m)		200	200	200	200	200	200	200	200	
Kemiringan (%)		0	0,8	0	-0,8	0	0	0,8	0	0
Tebal Perkerasan (mm)		740	740	740	740	740	740	740	740	

STA	1+800	2+000	2+200	2+400	2+600	2+800	3+000
ELV. MTA (m)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Jarak Antar STA (m)		200	200	200	200	200	
Kemiringan (%)		-0,8	0	0,8	0	0	0
Tebal Perkerasan (mm)		740	740	740	740	740	

Keterangan Tebal Perkerasan

Jenis Perkerasan	F
Tebal Total (mm)	740
Overlay (mm)	-
Surface (mm)	130
Base (mm)	370
Sub base (mm)	240



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

POTONGAN MEMANJANG
RUNWAY 10-28
&
POTONGAN MEMANJANG
RUNWAY 14-32

SKALA

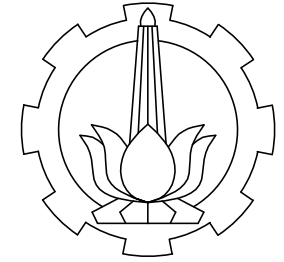
HORISONTAL 1 : 10.000
VERTIKAL 1 : 250

NO. GBR

JML. GBR

7

13



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

**EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT**

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

**POTONGAN MELINTANG
RUNWAY 10-28
&
POTONGAN MELINTANG
RUNWAY 14-32**

SKALA

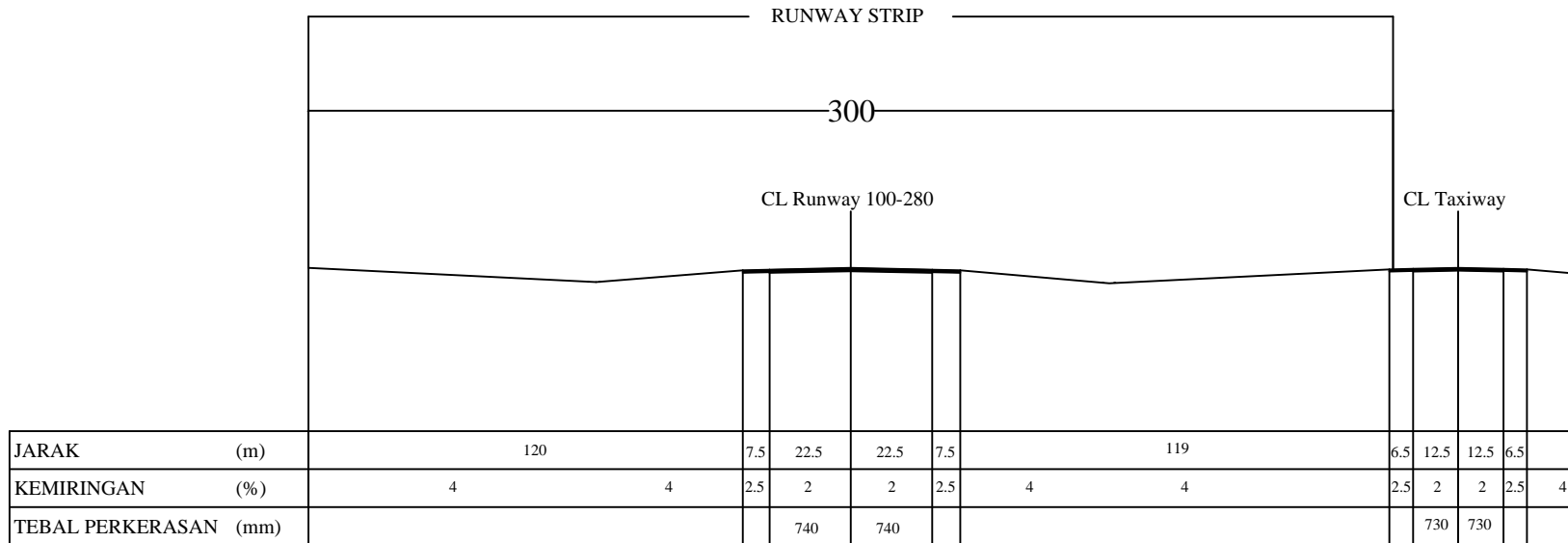
1 : 2000

NO. GBR

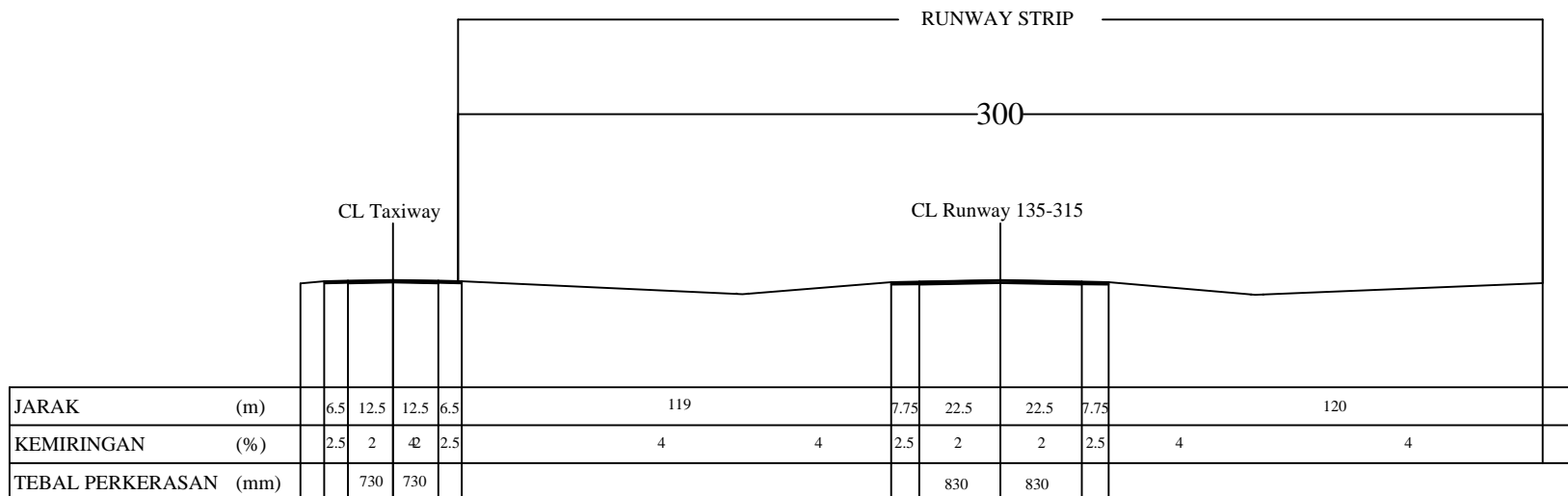
8

JML. GBR

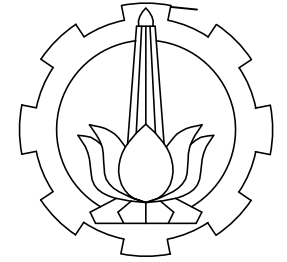
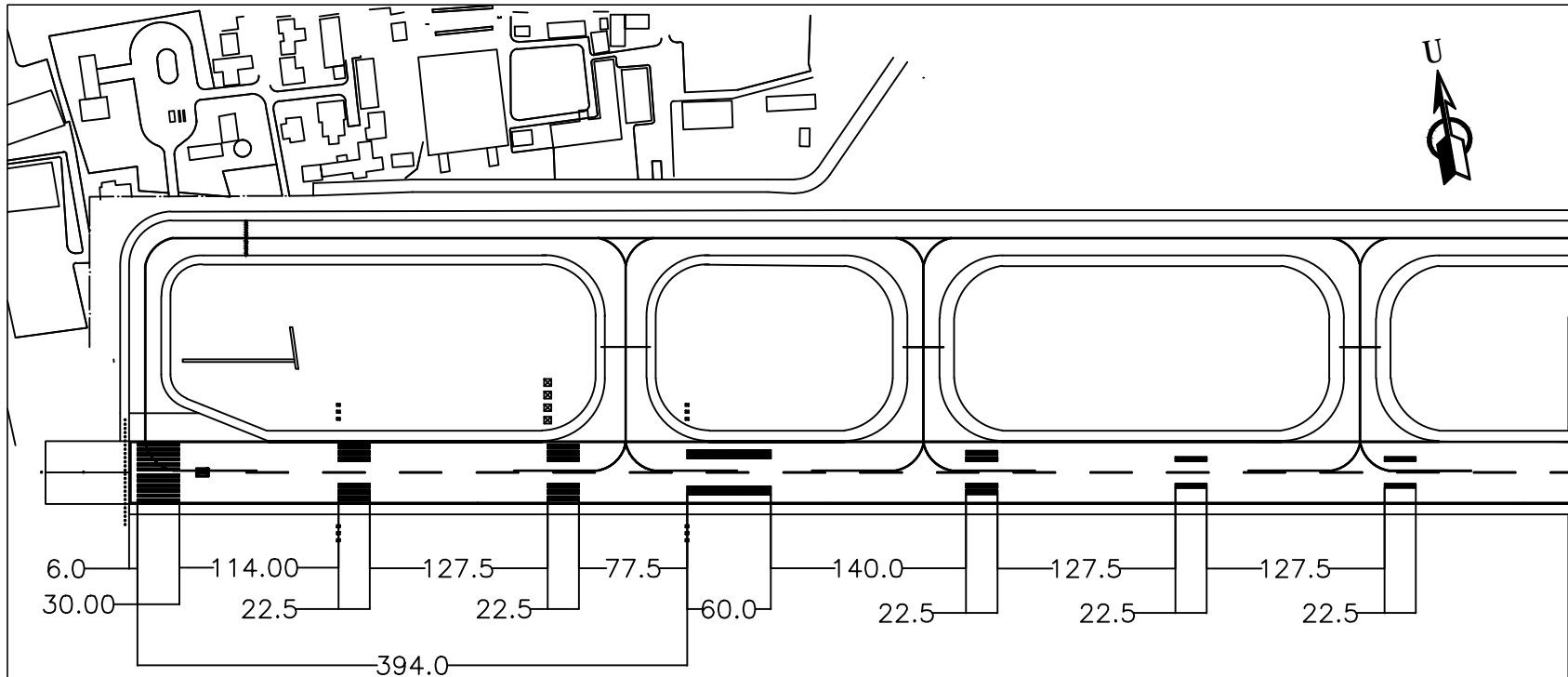
13



POTONGAN MELINTANG RUNWAY 10-28



POTONGAN MELINTANG RUNWAY 14-32



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

DETIL MARKA RUNWAY
100 - 280

SKALA

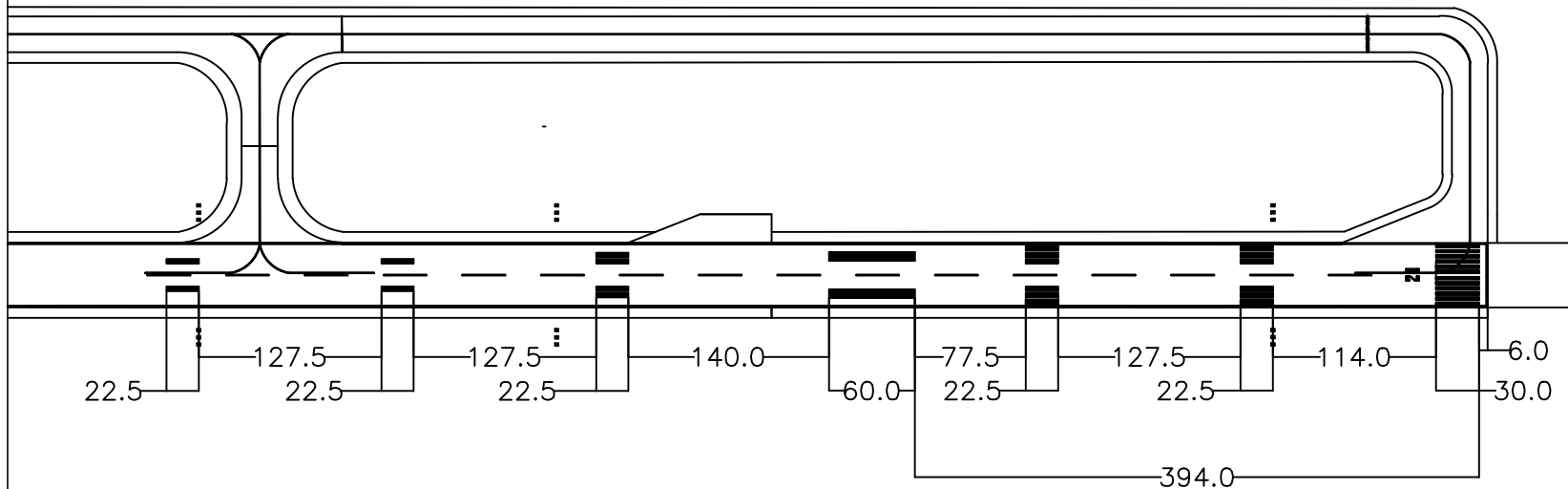
1 : 5000

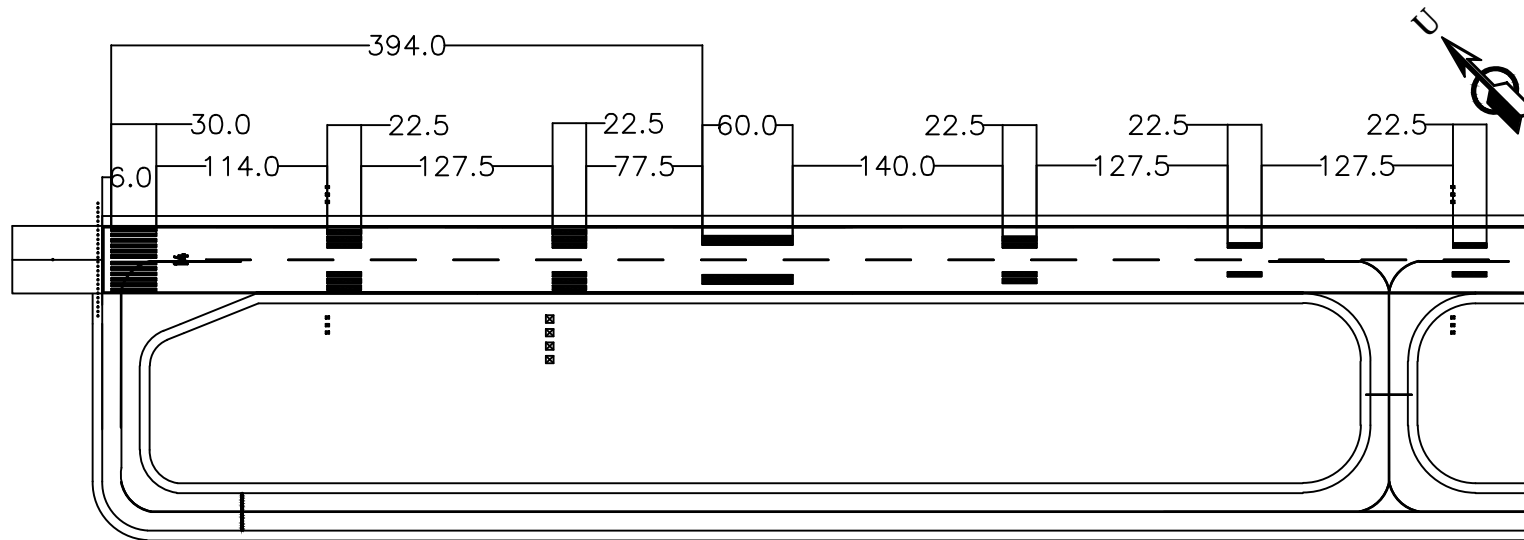
NO. GBR

JML. GBR

9

13





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

DETIL MARKA RUNWAY
135-315

SKALA

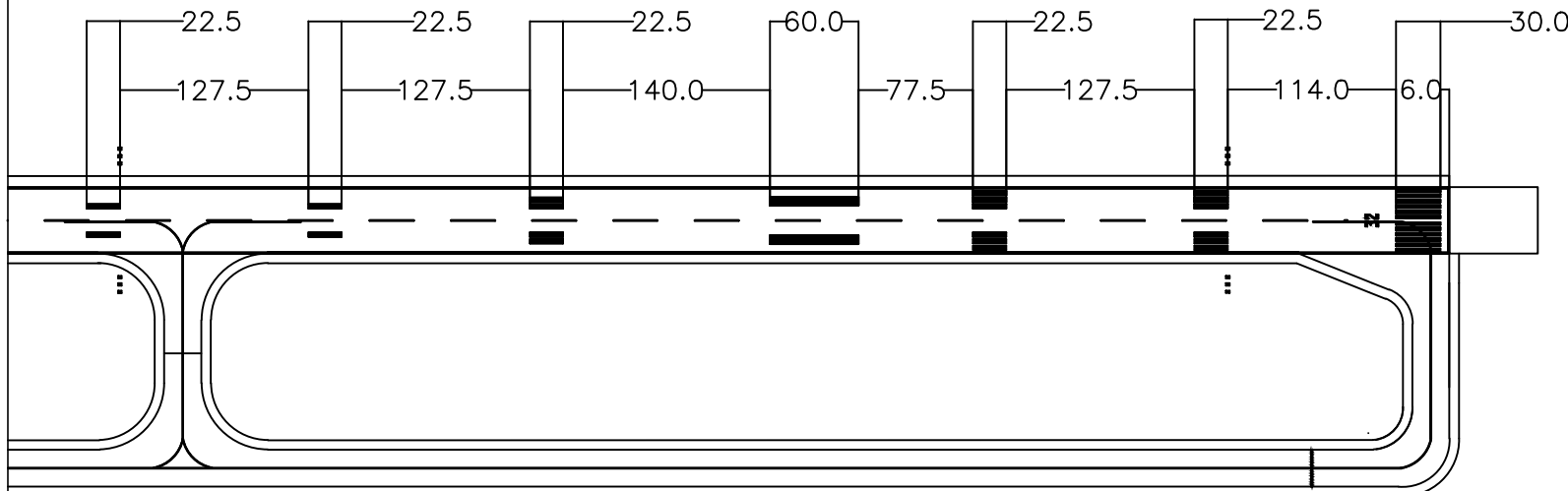
1 : 5000

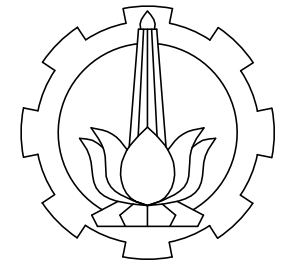
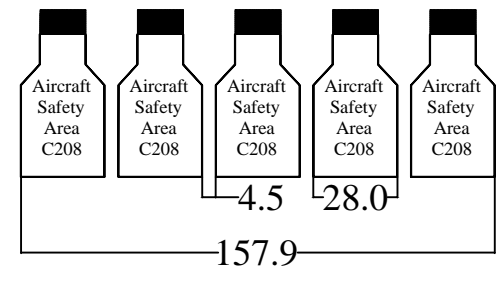
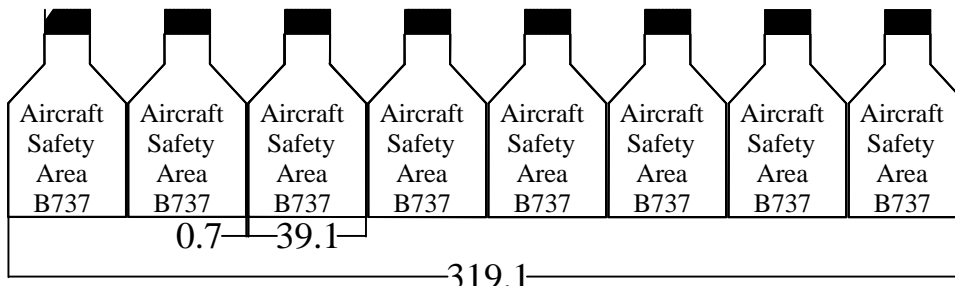
NO. GBR

JML. GBR

10

13





INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

DETIL TAXILANE
APRON RENCANA
TAHUN 2025 & 2030

SKALA

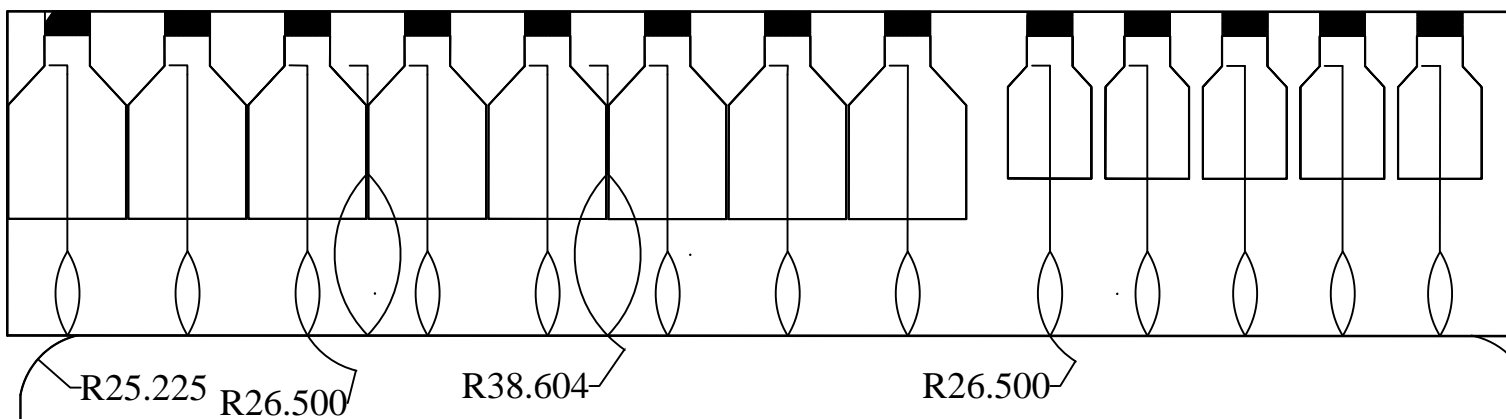
1 : 2500

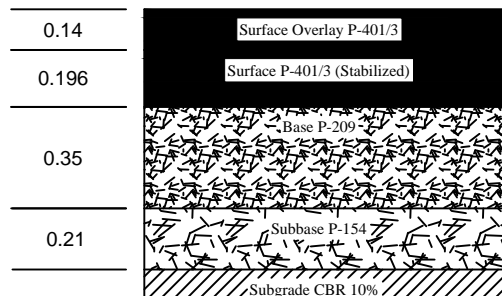
NO. GBR

JML. GBR

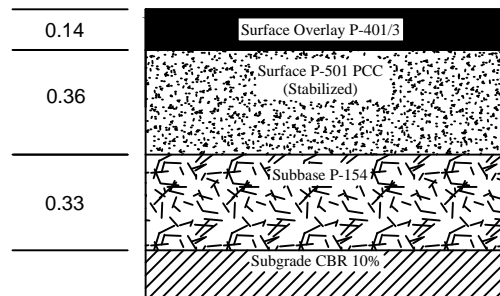
12

13

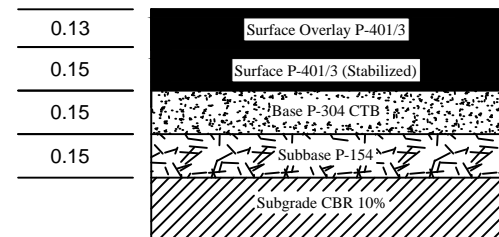




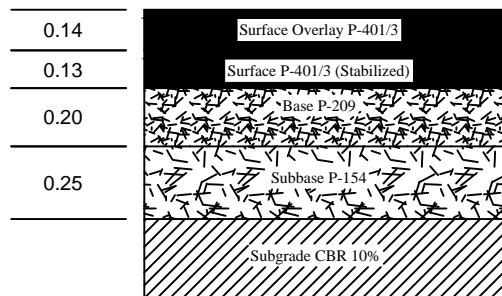
Struktur Perkerasan Runway
100-280 0-2200 m



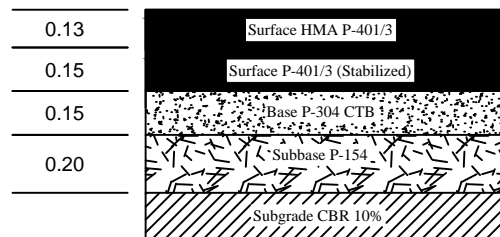
Struktur Perkerasan Runway
100-280 2200-2500 m



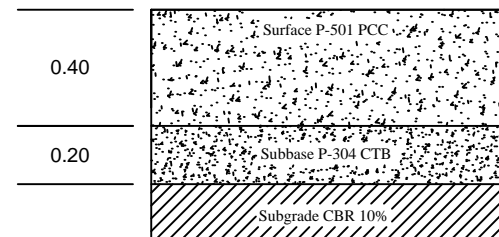
Struktur Perkerasan Runway
100-280 2500-3000 m
&
135-315 0-3000 m



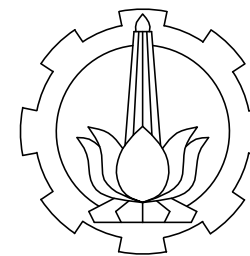
Struktur Perkerasan Taxiway
A & B



Struktur Perkerasan
Taxiway Baru
(C, D, E, F, G, H, I, J, dan Paralel)



Struktur Perkerasan
Apron Baru



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL

TUGAS AKHIR
RC141501

EVALUASI FASILITAS SISI
UDARA BANDAR UDARA
SYAMSUDIN NOOR
BANJARMASIN DALAM
MEMFASILITASI
PERTUMBUHAN PERGERAKAN
PESAWAT

NAMA & NRP MAHASISWA

Muhammad Habid Ocherudy
3114.105.056

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Ervina Ahyudanari, ME., PhD.
Istiar, ST. MT

NAMA GAMBAR

DETIL TEBAL PERKERASAN

SKALA

1 : 25

NO. GBR

JML. GBR

13

13

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dari data yang didapatkan diketahui bahwa selama 5 tahun terakhir pertumbuhan pergerakan pesawat bervariasi, kenaikan pertumbuhan beberapa jenis pesawat udara cenderung fluktuatif. Beberapa jenis pesawat udara yang mengalami tren negatif dalam pertumbuhannya adalah Airbus A320-200, Airbus A330-300, ATR42-300, ATR42-500, Boeing 737-300, dan Boeing 737-400. Sedangkan pesawat udara yang mengalami tren positif adalah pesawat udara ATR72-500, ATR72-600, Boeing 737-800, dan Boeing 737-900ER. Frekuensi pergerakan pesawat terbesar pada tahun 2015 ialah Boeing 737-900ER dengan pergerakan pesawat sebesar 6.061 pergerakan dari 13.542 pergerakan total keberangkatan pesawat.
2. Pertumbuhan pergerakan pesawat diramalkan dengan metode ARIMA sehingga didapatkan pertumbuhan pergerakan masing-masing pesawat. Dari peramalan tersebut didapatkan perkiraan pertumbuhan pesawat Airbus A320 naik 22%. Airbus A330 turun 3%, ATR42-300 naik 7%, ATR42-500 turun 7%, ATR72-500 turun 10%, ATR72-600 turun 12%, Boeing 737-300 naik 1%, Boeing 737-400 naik 14%, Boeing 737-800 turun 4%, dan Boeing 737-900ER turun 2%. Sehingga diperkirakan total pergerakan pesawat dari tahun 13.542 pergerakan di tahun 2015 menjadi 11.780 pergerakan di tahun 2020.
3. Dari hasil peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat, diketahui bahwa fasilitas sisi udara kondisi eksisting masih perlu dilakukan pengembangan khususnya pengembangan

landas pacu, landas hubung, dan landas hubung paralel. Sedangkan fasilitas landas parkir berdasarkan perhitungan peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat diramalkan masih mampu melayani pergerakan pesawat yang terjadi hingga 5 tahun ke depan.

4. Berdasarkan hasil analisis geometrik landas pacu didapatkan kebutuhan dimensi landas pacu dari 2.500 m x 45 m menjadi 3.000 m x 45 m dan dengan penambahan landasan kedua dengan arah 135-315. Dengan struktur perkerasan pada landas pacu 100-280 dilakukan penambahan lapis permukaan sebesar 140 mm pada STA 0+000 s.d 2+500 dengan perkerasan lentur. Serta tebal perkerasan baru pada STA 2+500 s.d 3+000 sebesar 580 mm dengan perkerasan lentur dengan lapis pondasi atas material CTB, dan tebal perkerasan pada landas pacu 135-315 sebesar 580 mm dengan perkerasan lentur dengan lapis pondasi atas material CTB.
5. Berdasarkan hasil analisis letak landas hubung keluar didapatkan bahwa pada landas pacu 100-280 dan 135-315 diperlukan landas hubung keluar pada STA 2+200 dan STA 3+000. Dengan lebar landas hubung yang direncanakan sebesar 25 m. Serta dengan struktur perkerasan direncanakan menggunakan perkerasan lentur dengan lapis pondasi atas material CTB dengan tebal total sebesar 630 mm, struktur perkerasan tersebut direncanakan pada landas pacu C, D, E, F, G, H, I, J, dan Paralel. Sedangkan untuk landas hubung A dan B direncanakan dilakukan penambahan lapis permukaan atas sebesar 140 mm.
6. Berdasarkan hasil peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat pada tahun 2016 s.d 2020 diketahui bahwa dimensi landas parkir masih mampu melayani pergerakan pesawat. Tetapi landas parkir mengalami perubahan signifikan, perubahan terjadi akibat pemindahan landas

parkir barat menjadi satu di landas parkir timur. Pada tahun 2025 dan 2030 perlu dilakukan pengembangan panjang landas parkir untuk pesawat kelas B yang sebelumnya sebesar 336 m menjadi 434,3 m. Serta dengan hasil analisis struktur perkerasan eksisting tidak mampu melayani pergerakan pesawat tahun 2016 s.d 2020, sehingga direncanakan perkerasan baru dengan tebal perkerasan sebesar 400 mm untuk tebal beton dan 200 mm untuk lapis pondasi dengan material CTB.

5.2. Saran

Adapun saran dalam pengembangan fasilitas sisi udara Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin sebagai berikut :

1. Pengembangan Fasilitas Sisi Udara tersebut diharapkan memperhatikan aspek keselamatan dan kenyamanan pengguna Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin. Sehingga untuk perkembangannya Bandar Udara ini mampu menjadi contoh bagi Bandar Udara lain dalam hal keselamatan dan kenyamanan.
2. Dalam perkembangan pengembangan fasilitas sisi udara Bandar Udara Syamsudin Noor Banjarmasin, prioritas pengembangan yang sangat penting ialah penambahan panjang landas pacu yang sebelumnya sebesar 2.500 m menjadi 3.000 m, pembangunan landas hubung paralel di sepanjang landas pacu agar menghindari resiko insiden sayap pesawat bersentuhan, dan penambahan landas hubung keluar pada ujung landas pacu 28.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

Ashford, N. and S. A. M. (2011). *Airport Engineering Planning, Design, and Development of 21st-Century Airports* (Fourth Edi). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Badan Standarisasi Nasional. *Marka dan Rambu Pada Daerah Pergerakan Pesawat Udara di Bandar Udara*, Pub. L. No. SNI 03-7095-2005 (2005).

Basuki, H. (1986). *Merancang dan Merencana Lapangan Terbang*. Bandung: PT. Alumni.

Boeing Commercial Aiplanes, 2013. *737 Airplane Characteristics for Airport Planning*.

Direktorat Jenderal Perhubungan. *Petunjuk Pelaksana Keputusan Menteri Perhubungan Nomor 47 Tahun 2002 tentang Sertifikasi Operasi Bandar Udara*, Pub. L. No. SKEP/76/VI/2005 (2005).

Direktorat Jenderal Perhubungan. *Tentang Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandar Udara*, Pub. L. No. SKEP 77-VI-2005 (2005).

FAA. (2009). *Airport Pavement Design and Evaluation*.

FAA. (2012). *Airport Design*

FAA. (2014). *Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCN*.

gloopic.net. (2015). *Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan*. Retrieved from <http://gloopic.net/article/kawasan-keselamatan-operasi-penerbangan-kkop>

Hendranata, Anton. *ARIMA (Autoregressive Moving Average)*, *Manajemen Keuangan Sektor Publik FEUI*, 2003. Online.

Tersedia : http://daps.bps.go.id/file_artikel/77/arima.pdf Terakhir diakses 22 Juni 2016

Horonjeff, R. and F. X. M. (2010). Planning & Design of Airports (Fifth Edit). New York: Mc Graw Hill, Inc.

International Civil Aviation Organization. Airport Planning Manual (1987).

Jacob Rais. (n.d.). Tata Cara Penulisan Buku Daftar Acuan dan Daftar Pustaka dalam Makalah Ilmiah, Tesis, Disertasi.

NASA. (2015). Airport Design. Retrieved from http://virtualskies.arc.nasa.gov/airport_design/5.html Terakhir diakses 22 Juni 2016

Peraturan Menteri Perhubungan. Tata Nal Kbandarudaraan Nasional, Pub. L. No. PM 69 Tahun 2013 (2013).

PT. (persero) Angkasa Pura I. (2011). Studi Kelayakan Pengembangan Bandara Syamsudin Noor. Banjarmasin.

Sartono, W. (1992). Airport Engineering. Penerbit Teknik Sipil Universitas Gajah Mada.

Standar Nasional Indonesia 03-7112-2005. Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (2005).

Triwibowo, Redy. 2015. Perbandingan Metode Perencanaan Perkerasan Kaku Pada Apron Dengan Metode FAA, PCA Dan LCN Dari Segi Daya Dukung : Studi Kasus Bandara Juanda

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Muhammad Habid Ocherudy, dilahirkan di Banjarbaru pada tanggal 9 Oktober 1991, anak ke 2 dari 2 bersaudara. Pendidikan formal yang ditempuh antara lain : Sekolah Dasar Negeri Rantau Kiwa 1 Kab. Tapin, dilanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Pelaihari Kab. Tanah Laut, setelah itu dilanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas Negeri 2

Banjarbaru, tamat tahun 2009. Penulis diterima di Program Studi D-III Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2009 dan lulus tahun 2012, pada tahun 2014 penulis melanjutkan studi di Program Studi S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS terdaftar dengan NRP.3114.105.056.

Disini Penulis mengambil judul Tugas Akhir pada Bidang Studi Transportasi Udara. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email : *mh.ocherudy@gmail.com*.